Med
K8968

Dr Sigmund Mayer

# Populäre physiologische Vorträge.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b28087690

# Populäre

# physiologische Vorträge,

gehalten im akademischen Rosensaale zu Jena

in den Jahren

1867 — 1868 — 1869.

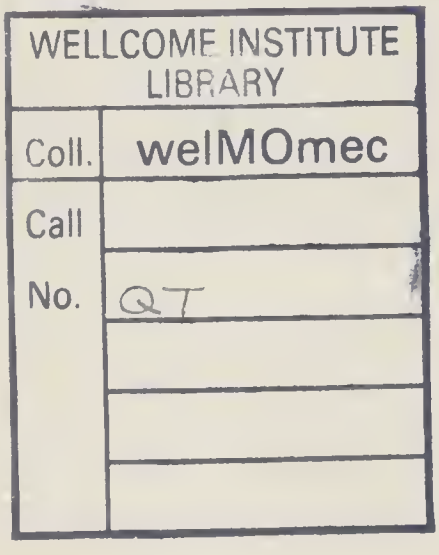
Von

**Prof. Dr. Joh. N. Czermak.**

(Mit 3 Steindrucktafeln und 34 Holzschnitten.)

Wien,
Verlag von Karl Czermak.
1869.

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen ist vorbehalten.



# Vorwort.

In Jena werden seit mehr als zwei Decennien alljährlich während des Wintersemesters im Saale des akademischen Rosengebäudes wissenschaftliche Vorlesungen aller Art vor einem zahlreichen, überwiegend aus Damen bestehenden Publikum abgehalten.

Der Ertrag dieser „Rosenvorlesungen", welche ursprünglich der um Jena so hochverdiente, erst kürzlich verstorbene Geheime Hofrath Prof. *Göttling* ins Leben gerufen hatte, um sich reichlichere Mittel zur Gründung und Erweiterung des archäologischen Museums der Universität zu verschaffen, wird zu verschiedenen gemeinnützigen Zwecken bestimmt.

Abgesehen von dieser materiellen Seite der Sache hält man es in Jena von vielen Seiten für eine Art moralischer Verpflichtung eines Akademikers dem gebildeten Publikum der Universitätsstadt gegenüber, an dem Unternehmen der Rosenvorlesungen activ sich zu betheiligen.

Ich habe mich als Mitglied des hiesigen Senats und der medicinischen Facultät einer solchen Betheiligung an diesem Unternehmen um so weniger entziehen zu dürfen geglaubt, als ich die Meinung mancher achtungswerthen Fachmänner nicht theile, dass es werthlos sei, und die Wissenschaft profaniren heisse, dem Laienpublikum sogenannte „populäre Vorlesungen" zu halten, sondern im Gegentheil fest überzeugt bin, dass wissenschaftliche Vorträge, welche keinerlei sachliche Vorkenntnisse voraussetzen, sondern unter

Anwendung einiger Einbildungskraft und Aufmerksamkeit von Jedermann verstanden werden können — und hierdurch allein dürfen und sollen sich sogenannte „populäre“ von streng wissenschaftlichen Vorträgen unterscheiden! — eines der werthvollsten Mittel zur Verbreitung wahrer Bildung und Humanität darstellen, und der Würde der Wissenschaft und ihrer Vertreter nicht den mindesten Eintrag thun! —

Im Begriffe meine akademische Stellung in Jena mit einer solchen in Leipzig zu vertauschen, wünsche ich durch die vorliegende Veröffentlichung der von mir gehaltenen „Rosenvorträge“ zunächst dem gebildeten Publikum der ersteren Stadt, in welcher ich nun seit vier Jahren gewohnt und gewirkt habe, ein Zeichen dankbarer Erinnerung an diese schöne Zeit ungestörter Berufsthätigkeit und gemüthlichen Stilllebens zu hinterlassen; — sodann die vielen Beweise freundlichen Entgegenkommens von Seite der Bewohner meiner neuen Heimat zu erwiedern; — und endlich den weiten Kreisen der deutschen Leserwelt einen vielleicht nicht unwillkommenen Beitrag zur populären naturwissenschaftlichen Literatur darzubieten. —

Ich habe es mir nicht leicht werden lassen, den Leser in den Stand zu setzen, meinen Besprechungen mit Leichtigkeit folgen zu können. Zahlreiche bildliche Darstellungen — fast durchweg nach selbstentworfenen Zeichnungen — begleiten zu diesem Zweck erläuternd den Text.

Aber freilich die unmittelbare Wirkung des lebendigen Wortes und der *ad oculos* demonstrirten Experimente lässt sich hierdurch nicht ganz erreichen!

Jena, Ostern 1869.

**Der Verfasser.**

# Inhalt.

Seite

I. **Das Herz und der Einfluss des Nervensystems auf dasselbe.** Vortrag, gehalten den 9. Januar 1867. (Mit 8 Holzschnitten und 1 Steindrucktafel . . . . . 1

Gestalt und Bau des menschlichen Herzens. — Der Herzschlag und sein Rhythmus. — Demonstration desselben vermittelst des Kardioskops. — Mechanismus der Herzpumpe. — Kreislaufsbewegung des Blutes innerhalb des Gefässröhrensystems. — Andeutungen über die Bedeutung derselben. — Das Herznervensystem. — Erklärungsversuch der rhythmischen Innervation des Herzens. — Erläuterung an einem mechanischen Modell. — Die excitirenden und die regulirenden Herznerven. — Die Verschiedenheiten des Herzschlags, als das mechanische Resultat der Gegenwirkung der erregenden und der hemmenden Nervenfaserzüge auf das Herznervensystem. — Demonstration der Hemmung des Herzschlags am Menschen durch Druck auf den Vagusnerven.

II. **Das Ohr und das Hören.** Vortrag, gehalten den 12. Januar 1868. (Mit 9 Holzschnitten und 1 Steindrucktafel) . . . . . 33

Schallbewegung. — Demonstration der Schallwellen vermittelst der *Pierre*'schen Longitudinal-Wellenmaschine und vermittelst einer Curventafel und eines Spaltlineals. — Gröberer und feinerer Bau des Gehörorgans. — Demonstration der willkürlichen Bewegungen der Ohrmuschel. — Leitung der Schallbewegung durch das Gehörorgan. — Erregung des Hörnerven. — Entstehung der Schallempfindung. — Schallleitung durch die Kopfknochen. — Verschiedenheit des Schalles. — Stärke des Schalles. — Geräusche und Klänge. — Tonhöhe; Schwingungszahl; Versuch an der Sirene und am Monochord. — Klangfarbe; Versuch am Clavier. —

Seite

III. **Stimme und Sprache.** Zwei Vorträge. Erster Vortrag, gehalten den 24. Februar 1869: Anatomie und Physiologie der Stimm- und Spraehwerkzeuge. (Mit 1 Steindruektafel und 7 Holzsehnitten) . . . . . 73

Vergleich zwisehen der Orgel und dem Stimm- und Spraehorgan. — Bestandtheile des letzteren; Blasebalg, Windlade, Pfeife und Ansatzrohr der Stimm- und Sprachorgel. — Zusammenhang und Lage der Bestandtheile an dem Durehsehnitt eines mensehliehen Oberkörpers erläutert. — Die Lunge und die Luftröhre mit ihren Lungenästen. — Athmungsmechanismus. — Der Kehlkopf, Bau desselben und Beweglichkeit seiner Bestandtheile. — Der Kehlkopf als „Zungenpfeife". — Stimmbildungsvorgang. — Demonstration desselben am künstliehen und am todten Kehlkopf; Auferstehungsversueh. — Bau und Beweglichkeit des Ansatzrohrs. — Zweifaehe akustisehe Bedeutung und Leistungsfähigkeit desselben. —

Zweiter Vortrag, gehalten den 3. März 1869: Wesen und Bildung der Stimm- und Spraehlaute. (Mit 7 Holzsehnitten) . 92

Hülfsmittel der Untersuehung. — Die Laryngoskopie und ihre Gesehiehte. — Selbstbeobaehtung; Beobaehtung an Anderen. — Erzeugung der Stimme. — Flüsterstimme. — Tonstärke, Tonhöhe, Klangfarbe oder Timbre. — Bedingungen des Wohllautes, der Heiserkeit und der Stimmlosigkeit. — Die Spraehlaute. — Neue Begriffsbestimmung der Selbst- und der Mitlaute. — Wesen der Voeale. — Versueh über Verstärkung der Töne durch Resonanz. — Verhalten des weiehen Gaumens bei der Bildung der einzelnen Voeale. — Demonstration der Bewegungen des Gaumensegels vermittelst eines beweglichen Spiegelehens. — Diphthongen. — Reine und nasalirte Voeale. — Artikulationsgebiete der Mundhöhle. — Nasenlaute oder Resonanten. — Versehlusslaute. — Reibungslaute. — Eigentlieher Untersehied zwisehen den sogenannten harten und weiehen Versehluss- und Reibungslauten. — *R*- oder Zitterlaute. — *L*-Laute. — Zusammengesetzte Consonanten. — Tabellarisehe Uebersicht der Spraehlaute. — Sehlussbetraehtung. —

# Verzeichniss der bildlichen Darstellungen.

## Zu Vortrag I.

Fig. 1. (Holzschnitt.) Das menschliche Herz mit seinen grossen zu- und abführenden Blutgefässen von vorn gesehen.
» 2. (Holzschnitt.) Die beiden Herzhälften durch einen senkrechten Schnitt von einander getrennt.
» 3. (Holzschnitt.) Idealer Durchschnitt der rechten und der linken Herzhälfte.
» 4. (Holzschnitt.) Schema zur Erläuterung des Kreislaufs.
» 5. (Holzschnitt.) Das Kardioskop oder Herzspiegelchen.
» 6. (Holzschnitt.) Zur Erläuterung der kardioskopischen Demonstration.
» 7. (Steindrucktafel.) Kinesiskopische Scheibe, bestimmt den Leser in den Stand zu setzen, sich den Rhythmus des Herzschlags vor Augen zu stellen.
» 8. (Holzschnitt.) Mechanisches Schema der Innervation des Herzens.
» 9. (Holzschnitt.) Vorrichtung, um die Pulsschläge durch electro-magnetische Glockensignale zu markiren. —

## Zu Vortrag II.

» 10. (Holzschnitt.) *Pierre*'s Longitudinal-Wellenmaschine.
» 11. (Steindrucktafel.) Curventafel, bestimmt den Leser in den Stand zu setzen, vermittelst eines Spaltlineals die Schallwellenbewegung der Luft zu studiren.
» 12. (Holzschnitt.) Schematische Durchschnittszeichnung des Gehörorgans.
» 13. (Holzschnitt.) Die Gehörknöchelchen.
» 14. (Holzschnitt.) Die Gehörsteinchen.
» 15. (Holzschnitt.) Die Ampullenhärchen.
» 16. (Holzschnitt.) Das *Corti*'sche Organ.
» 17. (Holzschnitt.) Stirnband mit Fühlhebel zur Demonstration der willkürlichen Bewegungen der Ohrmuschel.
» 18. (Holzschnitt.) *Seebeck*'sche Sirene.
» 19. (Holzschnitts.) Das Monochord.

## Zu Vortrag III. 1.

Fig. 20. Schematischer Durchschnitt eines menschlichen Körpers.
» 21. (Mit Fig. 20 auf einer Steindruektafel.) Ansicht der Stimm- und Sprachwerkzeuge im Zusammenhange, an einem von rückwärts geöffneten menschlichen Körper.
» 22. (Holzschnitt.) Ringknorpel des Kehlkopfes.
» 23. (Holzschnitt.) Schildknorpel des Kehlkopfes.
» 24. (Holzschnitt.) Giessbeckenknorpel des Kehlkopfes.
» 25. (Holzschnitt.) Schema des beweglichen Gerüstes, welches die Kehlkopfknorpel zusammensetzen.
» 26. (Holzschnitt.) Hauptformen der Stimmritze.
» 27. (Holzschnitt.) Künstlicher Kehlkopf.
» 28. *A*, *B*, *C*. (Holzschnitt.) Verschiedene Ansichten des natürlichen Kehlkopfes.

## Zu Vortrag III. 2.

» 29. (Holzschnitt.) Zur Erläuterung der Gesetze der Spiegelung.
» 30. (Holzschnitt.) Apparat zur laryngoskopischen Selbstbeobachtung und Demonstration.
» 31. (Holzschnitt.) Wie man Andere mit dem Kehlkopfspiegel untersucht.
» 32. (Holzschnitt.) Laryngoskopisches Bild des Kehlkopfes, der Luftröhre und der Anfänge der Bronchien.
» 33. (Holzschnitt.) Stimmgabel und Resonator.
» 34. (Holzschnitt.) Apparat zur Demonstration der Bewegungen des Gaumensegels.
» 35. (Holzschnitt.) Die drei Artikulationsgebiete der Mundhöhle. —

# I.

# Das Herz und der Einfluss des Nervensystems auf dasselbe.

Vortrag, gehalten den 9. Januar 1867.

(Mit 8 Holzschnitten und 1 Steindrucktafel.)

Geehrte Versammlung!

Man spricht in allen Sprachen von Menschen ohne Herz — und meint damit Menschen ohne Gemüth; dagegen sagt man von einem gemüthvollen Menschen, er habe Herz; — ein gutes, ein schlechtes, ein hartes, ein weiches Herz u. s. w.; solcher figürlichen Redensarten, in denen das Herz eine ethische Bedeutung bekommt, gibt es unzählige!

Der Gegenstand, mit welchem ich Sie heute Abend genauer bekannt zu machen und in ernsterer Weise zu unterhalten bemüht sein werde, betrifft das menschliche Herz — und was mich dazu bestimmte, gerade diesen Gegenstand an diesem Orte zu besprechen, ist einfach der Wunsch, Ihnen die Antwort des Physiologen zu geben auf die naheliegende Frage: Wie kommt das Herz zu jener ethischen Bedeutung, welche ihm der Sprachgebrauch aller Völker und Zeiten beilegt, da es seiner eigentlichen Natur nach doch nichts anderes ist, als ein zwar höchst sinnreiches, im Grunde aber höchst prosaisches Pumpwerk, welches das Blut in den Gefässröhren des Körpers in kreisender Bewegung umhertreibt; — ein Pumpwerk, bestehend aus rhythmisch sich zusammenziehenden sogenannten Fleisch- oder Muskelfasern und versehen mit beweglichen Klappen oder Ventilen, aus sehnigen Häutchen gewebt. —

Wie kommt das Herz als ein grob materieller Fleischklumpen zu einer Beziehung zu den idealsten Regungen unsers Gemüthslebens?

Dass übrigens eine geheimnissvolle und innige materielle Beziehung zwischen Herz und Gemüth existirt, welche der Sprach-

gebrauch nicht unberechtigt bis zur Identificirung der beiden Ausdrücke steigert — das ist eine Thatsache der täglichen Erfahrung. Wer von uns hätte sein Herz nicht stärker und rascher pochen gefühlt bei einer frohen Nachricht, welche der elektrische Draht unverhofft brachte? — oder wenn freudiges Gelingen die Mühen langer Arbeit lohnte, ungeduldige Erwartung den quälend langsamen Schritt der Zeit verwünschen liess? Wer von uns hätte nicht empfunden, dass das Herz wiederum träge, schwach und langsam schlug, wenn tiefe Entmuthigung oder Trauer die Stimmung unseres Gemüthes verdüsterte? Ja die meisten werden schon erfahren haben, dass das Herz momentan ganz stillstehen konnte, wenn eine erschütternde Kunde sie unerwartet — wie ein Blitz aus heiterem Himmel — traf, oder eine unmittelbare Gefahr mit all' ihren überwältigenden Schrecken plötzlich an sie herantrat!

In der That, wem sollten entgangen sein die so verschiedenartigen Veränderungen der Herzthätigkeit während der Momente enthusiastischer Begeisterung, zorniger Wallung, peinlicher Verlegenheit, sittlicher Entrüstung, angstvoller Erwartung, lähmenden Schreckens, überwältigender Freude — — —? Doch wozu die Beispiele häufen, vielleicht hat sich eben jetzt, während ich davon spreche, in mancher Brust hier im Saale — infolge wach gerufener Erinnerungen und Gefühle die Energie und Zahl der Herzschläge geändert! — —

Kurz, in zartbesaiteten wie in derbern Naturen ist der Parallelismus der Gemüths- und Herzbewegungen ein so auffallender, dass es niemand wundernehmen kann, wenn der innige Zusammenhang beider Erscheinungen seit jeher die Aufmerksamkeit der Menschen gefesselt und zur figürlichen Vertauschung von Gemüth und Herz veranlasst hat.

Welches sind nun aber die geheimnissvollen Fäden jenes wunderbaren Zusammenhangs?

Welches sind die verborgenen Wege, die so direct vom Sitze des Gemüthslebens zum Herzen führen — dem mechanischen Centrum des Blutkreislaufs?

Durch welche Einrichtungen und Vorgänge wird der offen-

kundige Parallelismus zweier so differenter Thätigkeiten vermittelt?

Diese Fragen nach dem gegenwärtigen Standpunkt der Experimentalphysiologie zu beantworten; eine Erklärung zu geben, wie die Regungen des Gemüthes vermittelst des Nervensystems die Thätigkeit des Herzens beeinflussen, dies eben soll den eigentlichen Gegenstand meines heutigen Vortrags ausmachen!

Zunächst muss ich Sie jedoch eine Strecke Weges durch das wenig anmuthige Gebiet anatomisch-mechanischer Vorstellungen führen, um Sie auf einen Standpunkt zu bringen, von dem aus sich uns ein lohnender Einblick in diese Seite des räthselhaften Getriebes unseres seelisch-materiellen Doppelwesens eröffnen wird!

Beginnen wir mit der anatomischen Betrachtung der äussern Gestalt und des innern Baues des menschlichen Herzens.

Die Gestalt unseres Herzens hat eine nur sehr entfernte Aehnlichkeit mit jener des Coeur-As der Spielkarten — wie Sie unbedenklich zugeben werden, wenn Sie einen Blick auf diese Tafel (vgl. Fig. 1) werfen, welche in kolossalem Massstabe ein menschliches Herz mit seinen grossen zu- und abführenden Gefässen von vorn gesehen darstellt — selbst wenn Sie von den letztern ganz abstrahiren wollen.

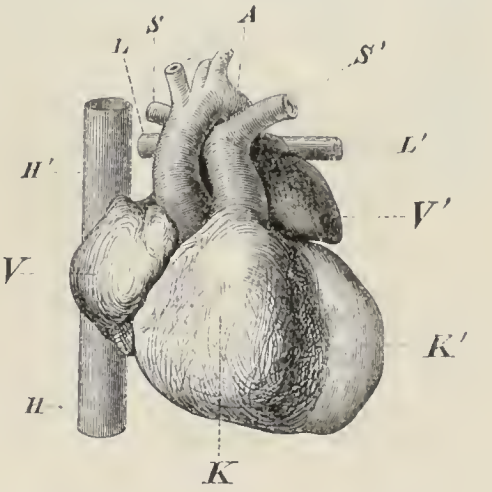



Fig. 1. Halbschematische Ansicht eines menschlichen Herzens von vorn. Etwa 1/6 natürliche Grösse.

*V* die rechte, *V'* die linke Vorkammer; *K* die rechte, *K'* die linke Kammer; *H* die untere, *H'* die obere Hohlvene; *S*, *S'* der linke und der rechte Ast der Lungenschlagader; *L*, *L'* rechte und linke Lungenvene; *A* die grosse Körperschlagader, oder Aorta mit ihrem Bogen und ihren zum Kopf und den obern Extremitäten gehenden Aesten.

Es ist eine stumpf kegelförmige, aus ungemein verwickelt angeordneten, sogenannten Muskelfasern gewebte Fleischmasse, welche durch eine Längsfurche in eine rechte (*V*, *K*) und in eine linke (*V'*, *K'*) Hälfte und durch eine ringsum laufende Querfurche in einen obern (*V*, *V'*) und in einen untern (*K*, *K'*) Abschnitt — also in vier verschmolzene Theile getheilt wird.

Im Innern schliesst das Herz eine Höhle ein, welche entsprechend der Längsfurche durch eine fleischige Scheidewand in zwei vollkommen getrennte Hälften zerfällt, so dass wir mit Recht von einem rechten und von einem linken Herzen reden können; — während entsprechend der Querfurche von der Innenfläche der Wandungen jeder dieser Herzhälften sehnige Lappen oder Zipfel entspringen, die durch Sehnenfäden nach unten befestigt sind, und — wenn sie sich gegeneinander legen, je einen obern dünnwandigen und einen untern dickwandigen Raum abgrenzen.

Der erstere heisst die Vorkammer oder der Vorhof, der letztere die Kammer oder der Ventrikel, und das ganze Herz besitzt somit vier Räume — zwei Kammern und zwei Vorkammern.

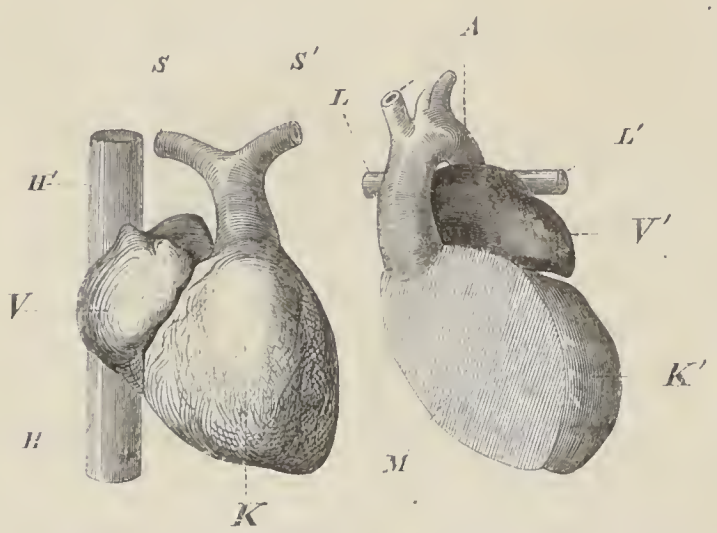



Fig. 2. Die beiden Hälften des Herzens.

*M* die Durchschnittsfläche der senkrechten Scheidewand des Herzens. Die Bedeutung der übrigen Buchstaben wie in Fig. 1.

Sehen wir uns diesen innern Bau in unserer bildlichen Darstellung an, nachdem wir durch einen ersten Schnitt die beiden Herzhälften von einander getrennt*) (vgl. Fig. 2) und durch einen zweiten, einen Flächenschnitt, jederseits die vordere Wand abgetragen haben, um das Herz und die grossen Gefässe zu eröffnen (vgl. Fig. 3).

Mit diesen vier Hohlräumen des Herzens stehen mehrere grosse Blutgefässröhren in Verbindung, welche, wie die verschiedene Dicke ihrer durchschnittenen Wandungen andeutet, von zweierlei Art sind.

Die dünnwandigen münden in die Vorkammern und führen das Blut aus allen Theilen des Körpers zum Herzen, sie heissen Venen oder Blutadern (*H*, *H'* und *L*, *L'*).

---

*) Bei der Vorlesung wurde ein eigens zu diesem Zwecke verfertigtes, zerlegbares Bildschema des Herzens von kolossalen Dimensionen benutzt.

Die dickwandigen entspringen aus den Kammern, und durch sie treibt die Thätigkeit des Herzens das Blut wieder heraus, welches letztere in ihren Verzweigungen zu allen Körpertheilen gelangt; sie heissen Arterien oder Schlagadern (*S*, *S'* und *A*). An ihrem Ursprung finden sich taschenförmige Klappen, die sogenannten Taschenventile, welche, wenn sie durch das Blut aufgebläht und gegeneinander gepresst werden, die Arterien gegen die Kammern zu verschliessen, in entgegengesetzter Richtung sich aber leicht öffnen lassen. Wo die Vorkammern in die Kammern einmünden, sind gleichfalls klappenartige Vorrichtungen angebracht, welche jedoch nicht taschenförmig sind, sondern dreieckige, segelartige sehnige Lappen oder Zipfel darstellen und deshalb Zipfelklappen heissen. Sie sind nach unten durch feine Sehnenfäden, die von ihren Rändern und von ihren untern Flächen ausgehen, an warzenförmig vorspringende muskulöse Zapfen der Kammerwand befestigt; werden sie von unten her durch das andringende Blut aufgebläht — wie Segel vom Winde — so legen sie sich aneinander und verschliessen dem Blute den Rückweg in die Vorkammer, während sie dem Blutstrom aus der Vorkammer nach der Kammer hin kein Hinderniss entgegenstellen. Jede Kammer ist daher ein Raum, der nach zwei Seiten durch Klappen geschlossen werden kann.

Fig. 3. Schematischer Durchschnitt der beiden Herzhälften und ihrer zu- und abführenden Gefässstämme.

Die linke Kammer *K'* ist viel dickwandiger als die rechte *K*. Ebenso sind die Wandungen der Arterien (*S*, *S'* und *A*) stärker als die der Venen (*H*, *H'* und *L*, *L'*). Im Grunde der Kammern befinden sich warzenförmige Vorsprünge der Fleischwände, von denen feine Sehnenfäden ausgehen, die sich an die Ränder und unteren Flächen der zwischen Kammer und Vorkammer befindlichen Zipfelklappen ansetzen. An den Ursprüngen der Arterien sieht man die halbmondförmigen oder Taschenklappen.

Setzen wir in unserm zerlegbaren Bildschema die abgeschnit-

tenen Vorderwände wieder auf (vgl. Fig. 2), und schieben wir die beiden Herzhälften zusammen, indem wir die Lungenarterie auf die Aorta bringen und ihren linken Ast (*S*) unter dem Aortenbogen durchstecken, so haben wir wieder das ganze Herz vor uns (vgl. Fig. 1), dessen innerer Bau Ihnen wol klar geworden sein wird! —

Die aus den Kammern hervortretenden Arterien verästeln sich baumförmig in immer feinere Aeste und lösen sich endlich innerhalb der Organe in Netze von mikroskopisch feinen Röhrchen, — den sogenannten Haarröhrchen oder Capillargefässen auf. Aus diesen Capillargefässnetzen entstehen durch allmälige Verschmelzung immer stärkere Röhrchen, die Venen, welche schliesslich in die Vorkammern münden.

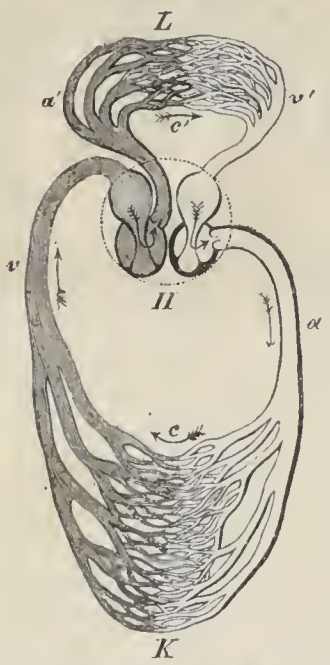



Fig. 4. Schema des Gefässsystems.

*H* das Herz mit seinen Klappenvorrichtungen; *a* die Verästelung der grossen Körperschlagader Aorta; *c* das Capillarnetz, in welches sich dieselbe in den Theilen des Körpers *K* auflöst; *v* die grossen Körpervenen; *a'* die Lungenschlagader, *c'* das Capillarnetz der Lunge *L*, *v'* die Lungenvene. Die Pfeile zeigen die Richtung des Blutstroms innerhalb des Gefässröhrenzirkels an.

Die Blutgefässe bilden also ein allseitig geschlossenes, vielfach verzweigtes, ringförmig in sich zurücklaufendes Röhrensystem, dessen Centrum das Herz ist.

Den Zusammenhang der Abschnitte dieses Systems erkennen Sie aus dem Schema (Fig. 4).

Aus der linken Kammer entspringt die dickwandige arterielle Röhre *a*, verästelt sich baumförmig und löst sich endlich in allen Theilen des Körpers *K* in ein Capillarnetz *c* auf. Aus diesem entspringen die dünnwandigen venösen Röhren *v*, welche in die rechte Vorkammer münden. Diese communicirt mit der rechten Kammer, aus welcher wieder ein dickwandiges arterielles Rohr *a'* entspringt, das sich baumförmig verästelt und in der Lunge *L*, und zwar ausschliesslich in der Lunge, in das Capillarnetz *c'* auflöst, dessen mikroskopische Röhrchen wieder zu stärkern dünnwandigen venösen Gefässen *v'*

verschmelzen, die als Lungenvenen direct in die linke Vorkammer und durch diese endlich in die linke Kammer führen. Wir sind an unserm Ausgangspunkte wieder angelangt, indem wir den ganzen Röhrencirkel durchliefen. Sie sehen, dass derselbe aus zwei Hälften besteht. Die kleinere Hälfte desselben führt durch die Lunge *L* und verbindet die rechte Kammer mit der linken Vorkammer, die grössere Hälfte umfasst den ganzen Körper *K* und verbindet die linke Kammer mit der rechten Vorkammer. Da beiderseits Vorkammer und Kammer direct communiciren, so schliesst das Herz die kleine oder Lungenhälfte mit der grossen oder Körperhälfte des Gefässsystems zu einem einzigen und ganzen Röhrenzirkel zusammen. —

Ausgestattet mit der Kenntniss der Anatomie des Herzens und des Gefässsystems, können wir nun zur physiologischen Betrachtung der Herzthätigkeit und der mechanischen Leistung des Herzens als eines Pumpwerks übergehen.

Die Thätigkeit des Herzens besteht in rhythmischen, d. h. nach bestimmtem Rhythmus abwechselnden Zusammenziehungen und Erschlaffungen der contractilen Fleischwände seiner vier Abschnitte. Den Zustand der Zusammenziehung nennt man Systole, den Zustand der Erschlaffung Diastole.

Während der Diastole (Erschlaffung) füllen sich die Herzhöhlen mit Blut und werden erweitert und ausgedehnt; während der Systole hingegen verengern sie sich und entleeren das in ihnen enthaltene Blut.

Die beiden Herzhälften arbeiten genau synchronisch, d. h. die Vorkammern beider Hälften verfallen genau zur selben Zeit in Systole und dann in Diastole, ebenso die beiden Kammern; dagegen arbeitet Vorkammer und Kammer derselben Seite ungleichzeitig.

Es erfolgt nämlich die Systole der Vorkammern während der Diastole der Kammern und umgekehrt; auch dauert bei den Vorkammern die Diastole weit länger als die Systole, während bei den Kammern Systole und Diastole etwa die gleiche Dauer haben.

Der Rhythmus der Herzbewegung wird dadurch ein complicirter, und man fasst ihn noch am leichtesten auf, wenn man sich

zunächst das ganze Herz, alle vier Abschnitte desselben, in Diastole — erschlafft denkt.

Zuerst tritt die kurze Systole der beiden Vorkammern auf — dann folgt sofort die lange Systole der Kammern, während die Vorkammern bereits wieder erschlaffen und erschlafft bleiben; sodann geht auch die Systole der Kammern in Diastole über und damit ist wieder das ganze Herz erschlafft und verharrt einige Momente in diesem Zustand, welchen man die Pause nennen kann, — bis wieder die Systole der Vorkammern die Reihe der Bewegungen beginnt, deren einmaliger Ablauf einen sogenannten Herzschlag darstellt. Der Herzschlag zerfällt also in drei Momente: 1. Moment, charakterisirt durch die Systole der Vorkammern; 2. Moment, charakterisirt durch die Systole der Kammern; 3. Moment, charakterisirt durch die diastolische Erschlaffung sämmtlicher Herzabschnitte.

Der erste Moment nimmt sich, musikalisch gesprochen, nur wie ein Auftakt oder Vorschlag aus zu dem zweiten Moment, während der dritte Moment, die Pause, sehr variable Zeitwerthe hat.

Auf diese blos beschreibende Auseinandersetzung des Rhythmus der Herzbewegungen will ich mich jedoch nicht beschränken. Ich will Ihnen denselben vielmehr an einem blossgelegten lebendig schlagenden Thierherzen unmittelbar zur Anschauung bringen.

Erschrecken Sie nicht, meine verehrten Damen und Herren! Es soll dabei keine jener Grausamkeiten Ihnen vor Augen geführt werden, welche man den Physiologen — freilich gedankenlos genug — so sehr zum Vorwurf macht. Ich sage gedankenlos, weil man im blinden Eifer der thierfreundlichen Entrüstung eben nicht daran denkt, einerseits, dass der Fortschritt der Wissenschaft und Kenntniss vom Leben ohne experimentelle Eingriffe in den lebenden Organismus absolut unmöglich ist; andererseits aber, dass die Grausamkeiten unserer glorreichen Schlachtfelder und — unserer Küchen quantitativ wie qualitativ jene der physiologischen Laboratorien bei weitem übertreffen.

Kann man aber in den Jubel der Via triumphalis mit Begeisterung einstimmen; kann man sich dem Genusse einer leckern Schüssel lebendig aufgebrochener Austern, lebendig gesottener

Krebse, zu Tode gehetzten Wildes, einer Pastete aus Fettlebern gestopfter Gänse u. s. w. u. s. w. mit ruhigem Behagen hingeben — dann wird man sich doch wol auch ohne Gewissensbisse erlauben dürfen, Experimente an lebenden Thieren zu machen und die hervorgerufenen Erscheinungen mit Gemüthsruhe und ungestörter Aufmerksamkeit zu beobachten! — Oder ist etwa die Befriedigung materieller leiblicher Genüsse und ehrgeiziger staatlicher Machtforderungen grösserer, ja auch nur gleicher Opfer werth, als die Befriedigung eines der höchsten und edelsten Bedürfnisse des menschlichen Geistes — des wissenschaftlichen Forschungstriebs? — Der brutalen Thierquälerei wird kein Vernünftiger das Wort reden — das wissenschaftliche Experiment ist aber keine Thierquälerei. Und wenn wir hier auch nicht das jesuitische: „Der Zweck heiligt die Mittel", auf unsere Fahne schreiben wollen, so können wir immerhin behaupten, dass der Zweck die Verantwortung für das Mittel mit tragen müsse. Doch genug! —

Ich habe Ihnen ja gleich von vornherein die beruhigendsten Versicherungen über die Natur meiner Demonstration gegeben, und wenn ich Ihnen jetzt sage, dass ich bei Beginn der Vorlesung einen Frosch durch meinen Assistenten enthaupten und auf diese Weise in ein besseres Jenseits befördern liess, um ihm sein fortpulsirendes Herz herauszuschneiden, so wird diese Mittheilung Ihr Interesse und Ihre Aufmerksamkeit für den anzustellenden Versuch hoffentlich ebenso wenig beeinträchtigen, als der Appetit und das heitere Gleichgewicht der Gemüthstimmung einer Tischgesellschaft gestört wird, welcher man eine Schüssel gebratener Tauben vorsetzt — trotzdem dass jeder Theilnehmer sehr gut weiss, wie vor wenigen Stunden diesen unschuldigen, gefiederten Geschöpfen die Hälse umgedreht und die Köpfe grausam abgerissen wurden.

Ich kehre zu dem Herzen unseres auf dem Altar der Wissenschaft geopferten Frosches zurück. Dasselbe hat wie gesagt, nicht aufgehört zu pulsiren — ja es kann, gegen Trockniss und Kälte geschützt, noch Stunden lang fortfahren rhythmisch und kräftig zu schlagen, wie wenn es noch ungestört an seinem natürlichen Platze, im lebenden Körper sässe.

Es eignet sich somit vortrefflich zur Demonstration des Rhythmus der Herzbewegung. Bei der Grösse dieser Versammlung würde der Versuch jedoch vergeblich sein, das winzige Object den einzelnen Theilnehmern herumzuzeigen. Um dennoch zum Ziele zu kommen und Sie alle zu Augenzeugen der rhythmischen Thätigkeit des Herzens zu machen, werde ich eine kleine optische Vorrichtung benutzen, welche ich vor einigen Jahren für solche Gelegenheiten ersonnen und Kardioskop, d. h. Herz- oder Pulsspiegel genannt habe (vgl. Fig. 5).

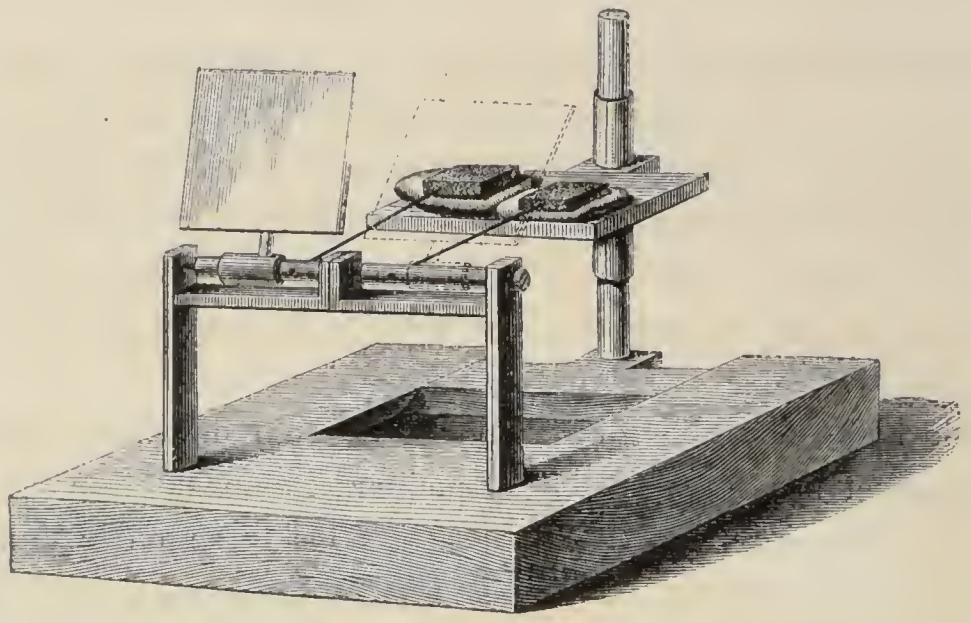


Fig. 5. Das Kardioskop.

Man erkennt das ausgeschnittene Froschherz auf der horizontalen Platte des verschiebbaren Trägers. Auf der Herzkammer (links) sowol als auf den Vorkammern (rechts) liegen kleine viereckige Korkplättchen, in welche die Spitzen von Nadeln eingestochen sind, die in den horizontalen Axen festsitzen, welche die Spiegelchen (von denen das eine nur durch punktirte Linien angedeutet ist) vermittelst kleiner, federnder Messinghülschen tragen.

Der Pulsspiegel ist ein kleines, leichtes Spiegelchen von Glas oder Metall, welches durch den leisesten Anstoss um eine horizontale Axe hebelartig auf- und abbewegt werden kann und mit dem pulsirenden Körper so in Berührung zu bringen ist, dass sich die Pulsationen des letztern auf dasselbe übertragen. Indem nun die Spiegelfläche mit grellem Lichte beleuchtet wird, entsteht durch Reflexion auf einer gegenüber liegenden Wand ein weithin sichtbares Lichtbild, welches die hebelförmigen Bewegungen des Spiegelchens und somit die Bewegungen des pulsirenden Körpers genau und in vergrössertem Massstabe zur Anschauung bringt.

Ich werde also für unsern Zweck zwei solcher Spiegelchen nehmen, das eine auf die Vorkammer, das andere auf die Kammer

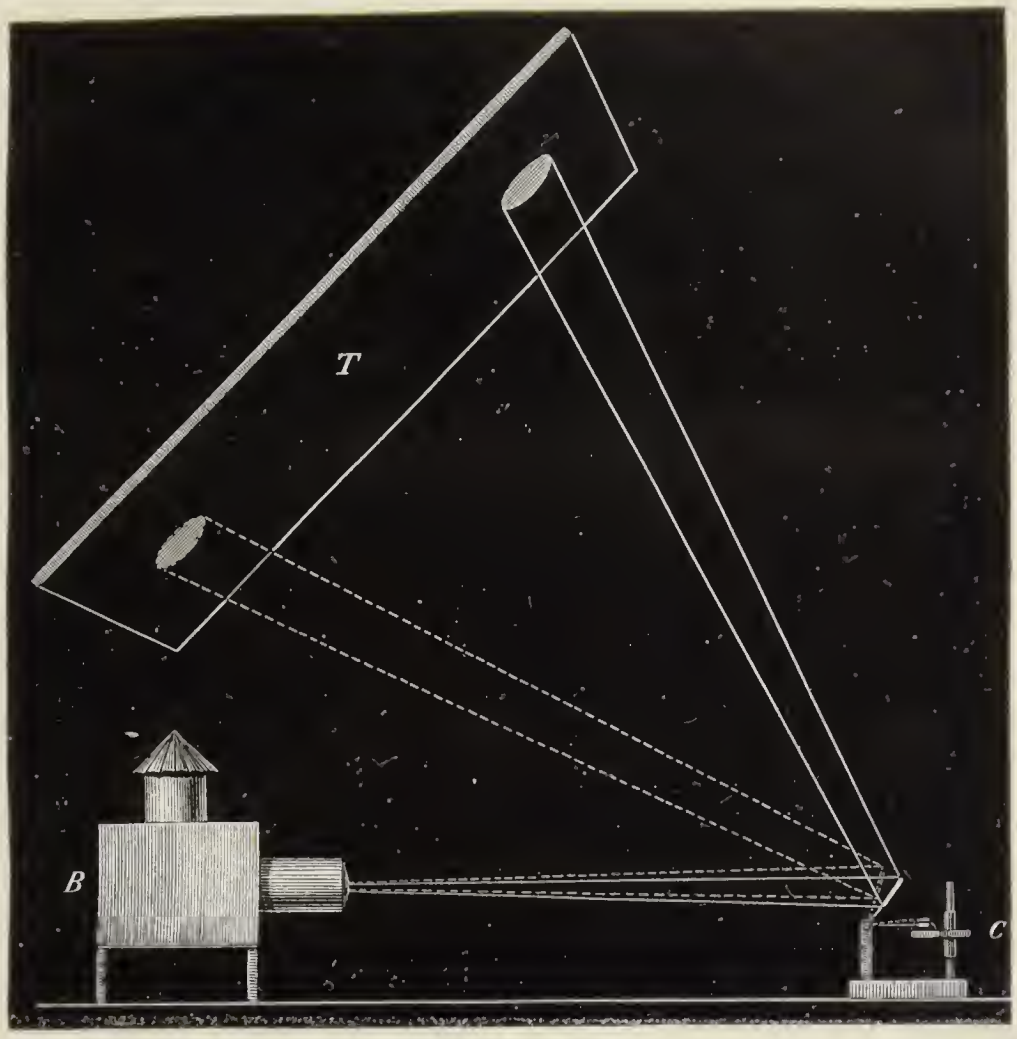



Fig. 6. Dient zur Erläuterung der Demonstration des Rhythmus der Herzbewegung vermittelst des Kardioskops.

Bei *B* erkennt man eine der Laterna-magica ähnliche Beleuchtungsvorrichtung, bei *C* das Kardioskop — letzteres unverhältnissmässig gross, und im strengen Profil gezeichnet, um die Stellung der Spiegelchen und der Nadeln, die Korkplättchen auf den beiden Herzabschnitten, sowie den Gang der Lichtstrahlen deutlich sichtbar zu machen. Zur Vermehrung der Deutlichkeit sind überdies punktirte und ausgezogene Linien verwendet worden, und zwar die erstern für die Lichtstrahlen, das Spiegelchen und die Nadel, welche mit der Kammer in Beziehung stehen, die letztern für die gleichnamigen Objecte, die auf die Vorkammer Bezug haben. Endlich wurde auch noch die Kammer im Moment der Systole gezeichnet, um über die diastolisch-platten Vorkammern hinweg sichtbar zu werden.

*T* ist eine mit weissem Papier überzogene grosse Wandtafel, welche schräg aufgehängt, die mondscheibenartigen Lichtbilder in einer senkrechten Linie übereinander auffängt. Das obere entspricht, wie sich leicht verfolgen lässt, den Vorkammern, und nimmt augenblicklich seine höchste Stellung — die Ruhestellung für die Diastole ein; während das untere der Kammer entspricht und seine tiefste Stellung — die Stellung für das Maximum der systolischen Contraction einnimmt. —

des schlagenden Froschherzens legen, sodann eine concentrirte Beleuchtung erzeugen und die entstandenen Lichtbilder vertical übereinander auf jenen weissen Schirm werfen. Sie gestatten

dass ich für einige Augenblicke sämmtliche Lichter im Saale auslöschen lasse, um den Raum möglichst zu verdunkeln.

Die in der Finsterniss wie ein paar Mondscheiben leuchtenden, auf- und niederbewegten Lichtbilder werden den Rhythmus der Aufeinanderfolge von Systole und Diastole der Vorkammer und Kammer des winzigen Froschherzens Ihnen allen sichtbar wiedergeben (vgl. Fig. 6).

Sie sehen jetzt in der That zwei mondscheibenartige Lichtbilder auf jener Wandtafel, welche sich nach einem bestimmten Rhythmus auf- und niederbewegen. Jedes derselben geht von einem bestimmten Punkte, den es während der Ruhe einnimmt, nach unten und kehrt alsbald nach oben auf denselben Punkt zurück. Das Heruntergehen bedeutet Systole, das Zurückkehren nach oben Diastole des betreffenden Herzabschnitts.

Bemerken Sie, wie das obere, den Vorkammern entsprechende Lichtbild einen kürzern Weg macht, und längere Zeit in Ruhe verharrt, als das untere Lichtbild, welches den Bewegungen der Kammer folgt. Bemerken Sie ferner, wie es das obere Lichtbild ist, welches nach jeder Ruhepause den Ablauf der Bewegungen von neuem beginnt und einleitet, und wie das untere Lichtbild sich erst dann zu bewegen anfängt, wenn das obere seinen Niedergang bereits vollendet hat und eben den Rückweg antritt. Ja, sieht es nicht fast aus, wie wenn das obere Lichtbild erst niederzucken müsste, um das untere zu erreichen, anzustossen und in Bewegung zu setzen?

Durch längere Betrachtung dieses zierlichen Schauspiels wird es Ihnen leicht sein, den Rhythmus des Herzschlags vollständig aufzufassen.*)

---

*) Um dem Leser eine Vorstellung von der beschriebenen Demonstration mit dem Kardioskop zu geben und ihn zugleich in den Stand zu setzen, sich den Rhythmus der Herzbewegung mit derselben Anschaulichkeit vorzuführen, wie wenn er einer solchen Demonstration selbst beiwohnte, habe ich die Fig. 7 auf der beigebundenen Steindruektafel entworfen. Der Leser braucht nämlich diese Tafel nur herauszunehmen, auf ein Stück Pappe aufziehen und die schwarze Scheibe sowie die weissen Spalten an ihrer Peripherie sauber ausschneiden zu lassen, dann eine lange dicke Stecknadel genau durch den

Fig. 7. (zu Pag. 14–15.)

Ich lasse die Lichter im Saale wieder anzünden — eine kleine Störung, die leicht zu vermeiden gewesen wäre, wenn wir uns hier im Rosensaale bereits einer Gasbeleuchtung erfreuten! —

Nachdem ich Ihnen eben den Rhythmus der Herzthätigkeit auseinandergesetzt und an einem ausgeschnittenen Froschherzen durch mein Kardioskop anschaulich gemacht habe, gehe ich jetzt zur Erläuterung des Mechanismus des Herzens als eines Pumpwerkes über, d. h. zur Erklärung der Art und Weise, wie das Herz durch die abwechselnden Zusammenziehungen und Erschlaffungen seiner vier Abschnitte und durch das Spiel seiner Klappen oder Ventile das Blut im Gefässsystem des Körpers in einer kreisenden Bewegung von bestimmter Richtung umhertreibt. —

Werfen Sie nochmals einen Blick auf die Durchschnittszeichnung der beiden Herzhälften (Fig. 3), und denken Sie sich, dass alle vier Abschnitte in Erschlaffung begriffen und vollständig mit Blut gefüllt sind.

Nach dem auseinandergesetzten Rhythmus der Herzbewegung tritt die kurze Zusammenziehung oder Systole der Vorhöfe zuerst auf, und zwar beginnt sie an den Mündungen der grossen Venenstämme und pflanzt sich mit grosser Geschwindigkeit über die ganze Vorkammer fort.

---

Mittelpunkt der Scheibe in einen Kork zu stossen, um die Scheibe um eine horizontale Axe leicht drehbar zu machen, und endlich den Kork, in welchem die als Drehungsaxe dienende Nadel steckt, an einen Stiel zu befestigen, mit der linken Hand den Stiel zu halten, mit der andern die Scheibe nach rechts in Schwung versetzen und vom Rücken der Scheibe her durch die Spalten am Rande in einen Spiegel zu blicken, in welchem sich die Zeichnung der schwarzen Scheibe mit ihren weissen Kreisflächen spiegelt (vgl. das Figürchen neben der schwarzen Scheibe); so wird er — wenn ihm derartige optische Vorrichtungen überhaupt noch nicht bekannt sein sollten — mit Staunen gewahren, dass sich die weissen Kreisflächen innerhalb der viereckigen Felder lebhaft auf- und niederbewegen und zwar genau in derselben Art und mit demselben Rhythmus wie die mondscheibenähnlichen Lichtbilder der Herzspiegelchen bei der durch Fig. 6 erläuterten Demonstration. Die obern, mehr nach der Peripherie liegenden weissen Kreisflächen entsprechen dem Vorkammerlichtbilde, die untern dem Kammerlichtbilde auf der Wandtafel *T* in Fig. 6. Sie führen genau dieselben Bewegungen aus wie jene Lichtbilder bei der wirklichen Demonstration, und können daher wie diese den Rhythmus der Herzbewegungen vollkommen anschaulich machen.

Der grösste Theil des eingeschlossenen Blutes wird infolge dessen durch die klaffenden Zipfelklappen in die schon gefüllten Kammern hineingetrieben und muss dieselben plötzlich ausdehnen. Wie nun die kurze Zusammenziehung der Vorkammer nachlässt, schliessen sich die Zipfelkappen sofort, indem das in die erschlaffende Vorkammer aus dem überfüllten und gespannten Ventrikel infolge elastischen Rückschlags zurückstrebende Blut die einzelnen Zipfel segelartig hervorwölbt und gegeneinanderpresst. Ein Umschlagen der Zipfel nach oben verhindern die Sehnenfäden, die vom Rande und der untern Fläche derselben nach unten zu den warzenförmig vorspringenden Muskel-Zapfen des Grundes der Kammern gehen. Das Blut versperrt sich auf diese Weise selbst den Rückweg und bleibt in der Kammer eingeschlossen.

Dies alles ist das Werk eines Augenblicks am Ende der Vorhofsystole, und wenn nun auf die Vorhofsystole, wie Sie sahen, sofort die Systole der Kammer erfolgt, so muss sie das in ihr eingeschlossene Blut durch die sich in dieser Richtung leicht öffnenden Taschenventile in die Arterien hineintreiben, da kein anderer Weg offen steht, auf dem das gepresste Blut entweichen könnte, denn die geschlossenen Zipfelklappen schliessen nur um so sicherer und fester, je mehr der Druck von unten wächst.

Nachdem sich die Kammer von Blut entleert hat, verfällt sie in Erschlaffung. Das Blut würde nun sofort aus den überfüllten Arterien in dieselbe zurückströmen, wenn nicht die Taschenventile der Arterienwurzeln durch das zurückstrebende Blut selbst im Augenblicke entfaltet, aufgebläht, gegeneinandergepresst und geschlossen würden, wie vorhin die Zipfelkappen zwischen Vorhof und Ventrikel.

Die erschlaffende Kammer kann sich also nur von der Vorhofseite her mit neuem Venenblute füllen, denn die Zipfelklappen öffnen sich in dieser Richtung widerstandslos, während die Taschenventile fest geschlossen bleiben.

In dem nun eintretenden Moment der Pause wird das in allen vier Abschnitten erschlaffte Herz wieder vollständig mit Blut aus den Venen gefüllt und der folgende Herzschlag pumpt es neuerdings in die Arterien hinein — und so fort und fort, so dass

durch den angegebenen Mechanismus der Herzpumpe die Venen immerfort entleert, die Arterien immerfort gefüllt werden.

Die Herzpumpe fördert nur in der Richtung von den Venen gegen die Arterien, nicht aber umgekehrt, weil die Ventile nur in der ersten Richtung sich öffnen, in der letzteren aber, wie angegeben, absolut schliessen. —

So also wirkt das Herz als Pumpwerk! Wie kommt nun durch diese rhythmische Herzwirkung eine continuirliche Kreislaufbewegung des Blutes innerhalb des in sich geschlossenen Gefässröhrenzirkels zu Stande?

Einfach so: Wir sahen, dass das Blut durch das schlagende Herz aus den Venen fort und fort in die Arterien hinübergepumpt wird. Mit jedem Herzschlag steigt der Druck und die Spannung des Blutes in den sich überfüllenden elastischen Arterien, wodurch, beiläufig bemerkt, der sogenannte Puls entsteht, während Druck und Spannung in den sich entleerenden Venen fällt.

Da nun die Arterien mit den Venen durch die Capillarröhrchen unmittelbar zusammenhängen, so muss das Blut aus den Arterien durch die Capillaren hindurch in die Venen überströmen.

Wohin sonst könnte auch das in die Arterien eingepumpte Blut entweichen? Direct ins Herz zurück kann es nicht, weil die Taschenventile an den Arterienwurzeln den Weg in dieser Richtung sperren, anderweitige Oeffnungen in den Wänden gibt es nicht — also muss das Blut gegen die Capillaren fliessen und durch die Capillaren in die Venen hineingepresst werden und in diesen wieder nach dem Herzen zurückströmen.

Indem nun die Spannung und Ueberfüllung der Arterien eine solche Höhe erreicht, dass eine genau gleiche Blutmenge continuirlich aus den Arterien durch die Capillaren in die Venen überströmen muss, als das pumpende Herz rhythmisch aus diesen letzteren in die Arterien hinübertreibt — so wird Ihnen ohne Zweifel klar sein, wie sich auf diese Weise durch die rhythmische Herzthätigkeit eine das ganze Leben hindurch dauernde Circulation des Blutes von der angegebenen Strömungsrichtung innerhalb des Gefässröhrenzirkels herstellt! —

Werfen wir jetzt nochmals einen Blick auf das Schema der Gefässröhrenzirkel (vgl. Fig. 4), um den Kreislauf und die augenfälligen Veränderungen des strömenden Blutes innerhalb des Gefässsystems im Zusammenhange zu verfolgen, so ergibt sich Folgendes:

Das Blut strömt vom linken Ventrikel durch die Arterien ($a$) nach den Capillaren ($c$) aller Körpertheile ($K$), in denen es Sauerstoff abgibt, Kohlensäure aufnimmt und seine hellrothe Farbe verliert; dann strömt es aus diesen Körpercapillaren durch die Venen ($v$) in den rechten Vorhof; aus dem rechten Vorhof in die rechte Kammer (wie der krumme Pfeil anzeigt), aus der rechten Kammer durch die Lungenarterien ($a'$) in die Capillaren ($c'$) der Lunge ($L$), in denen es wieder Sauerstoff aus der Luft aufnimmt, Kohlensäure und Wasserdampf abgibt und wieder hellroth wird, und gelangt durch die Lungenvenen ($v'$) in den linken Vorhof, um endlich wieder in die linke Kammer zurückzukommen und den angegebenen Kreislauf (in der Richtung der Pfeile) neuerdings zu beginnen und (solange die Herzthätigkeit andauert) continuirlich fortzusetzen.

Der erörterte Kreislauf besteht aus zwei Abschnitten: dem sogenannten grossen oder Körperkreislauf und dem kleinen oder Lungenkreislauf. Die Arterien des grossen Kreislaufs ($a$) führen hellrothes, sogenanntes arterielles Blut, die Venen ($v$) dagegen dunkles oder venöses Blut — umgekehrt im kleinen Kreislauf; die Arterien ($a'$) führen da dunkles oder venöses, die Venen ($v'$) hingegen helles arterielles Blut.

In Fig. 4 sind die Abschnitte des Gefässsystems, welche dunkles Blut führen, durch eine leichte Schattirung ausgezeichnet. Der Begriff Arterie und Vene wird nicht durch die Färbung des Blutes bestimmt, das sie führen, sondern durch die Richtung, in welcher sie es führen. Arterien sind solche Gefässe, die das Blut vom Herzen weg nach der Peripherie führen; Venen hingegen solche, in denen Blut zum Herzen zurückkommt.

Um Ihnen endlich noch beiläufig den Sinn und die Bedeutung der ganzen Einrichtungen und Erscheinungen des Blutkreislaufs verständlich zu machen, muss ich Sie daran erinnern, was

schon Mephisto sagt, als er vom widerstrebenden Faust die Unterschrift des Pactes mit einem Tröpfchen Blut verlangt: „Blut ist ein ganz besonderer Saft!“ In der That, Blut ist auch ein ganz besonderer Saft von höchster physiologischer Bedeutung — denn das Blut stellt, physiologisch betrachtet, die grosse Vorrathskammer von Kraft und Stoff dar, in welche alle Einnahmen an Ernährungs- und Brennmaterial durch die Verdauungs- und Athmungswerkzeuge fliessen, und aus welcher auch wiederum alle Ausgaben zur Erhaltung der Structur und der Lebensthätigkeiten der einzelnen Organe, und somit des ganzen Organismus bestritten werden. Ohne den Wechsel und die Erneuerung des Blutes kann das Leben nicht bestehen — ja, wird der Zufluss von hellrothem, lebenskräftigem Blut einem einzelnen Organe abgeschnitten, so stellt es seine Thätigkeit ein und stirbt bei lebendigem Leibe ab — denn jedes Organ schöpft nur aus dem durch seine Capillargefässe strömenden Blute die materiellen Bedingungen seiner Erhaltung und Kraftentwickelung und gibt an dasselbe dagegen die Zersetzungsproducte und Rückstände seines Verbrauchs ab.

Deshalb also muss das Blut circuliren, wenn es nicht alsbald erschöpft und unbrauchbar werden soll, sondern wenn es im Gegentheile sich in seiner normalen lebenskräftigen Zusammensetzung behaupten und dem ganzen Organismus auf die Dauer das Leben erhalten soll.

Deshalb haben auch die speciellen Circulationsverhältnisse des Blutes in den einzelnen Organen und die dieselben beherrschenden Herzbewegungen und Gefässverengerungen und Gefässerweiterungen eine so hohe Bedeutung für alle Lebensthätigkeiten, mögen sie nun blos materieller oder zugleich auch höherer, geistiger Natur sein.

Auf diese wenigen Andeutungen muss ich mich für jetzt beschränken; jedenfalls werden dieselben genügen, um Sie den weiten Abstand der unmittelbaren, mechanischen Wirkungssphäre des Herzens von — und zugleich die, wenn auch entfernte Beziehung derselben zu dem Erscheinungskreise des Gemüthslebens — mit

dem es nichtsdestoweniger in so wunderbar innigem Zusammenhange steht — ermessen zu lassen.

Vielleicht ist es mir bei einer andern Gelegenheit vergönnt, Ihnen das reiche Bild der vegetativen Lebensvorgänge, welches ich hier kaum im flüchtigsten Umriss skizziren konnte, im Detail auszumalen! — Für heute habe ich jedoch eine andere Aufgabe zu lösen!

Alles was ich bisher behandelt, waren Mittheilungen, welche nur zum Verständniss des eigentlichen Hauptthemas meines Vortrags führen sollten — zum Verständniss der physiologischen Erklärung jenes oft erwähnten Zusammenhangs zwischen den Regungen des Gemüths und der Thätigkeit des Herzens. —

Lassen Sie uns hier einen Moment stillstehen und einen raschen Blick auf das bisher Dargelegte zurückwerfen!

Zuerst haben wir die äussere Gestalt und den innern Bau des Herzens betrachtet; sodann haben wir die rhythmische Thätigkeit und den Mechanismus der Herzpumpe erörtert; und endlich haben wir die hierdurch hervorgebrachte Kreislaufsbewegung des Blutes innerhalb des grossen und kleinen Gefässröhrenzirkels kennen gelernt und ihre Beziehung zur Erhaltung aller Lebensäusserungen berührt.

Jetzt — nachdem Sie mit dem Wesen und der functionellen Bedeutung der Bewegungen des Herzens näher vertraut sind — jetzt kann ich zur Auseinandersetzung des Einflusses schreiten, welchen das Nervensystem auf das Herz ausübt, — woraus sich dann von selbst ergeben wird, wie und auf welche Weise die Regungen des Gemüths, eben vermittelst des Nervensystems, den Herzschlag zu verändern im Stande sind! —

Indem ich diese letzte Auseinandersetzung beginne, muss ich Ihnen zunächst erklären, wie es überhaupt zu den rhythmischen Zusammenziehungen und Erchlaffungen der Herzabschnitte kommt.

Das Herz enthält die Bedingungen seiner rhythmischen Thätigkeit in sich selbst — denn nicht nur beim Frosche, wie Sie selbst vorhin sahen, — und noch jetzt an den Bewegungen der durch die Beleuchtung im Saale verblassten mondscheibenartigen

Lichtbilder des fortarbeitenden Kardioskops wahrnehmen können — sondern auch bei den höheren Wirbelthieren, ja — wie Versuche an eben Enthaupteten lehren, sogar beim Menschen, fährt das aus dem Körper ganz herausgeschnittene Herz einige Zeit fort regelmässig rhythmisch zu schlagen.

Die Anregung und Triebkraft zu seiner rhythmischen Thätigkeit empfängt das Herz nämlich unmittelbar von einem besondern Nervensystem, welches im Herzen selbst eingebettet ist — und aus zerstreuten Häufchen von mikroskopisch kleinen sogenannten Ganglienbläschen oder Nervenzellen besteht, aus denen zahlreiche Nervenfädchen entspringen, deren feinste Ausläufer in die Fleisch- oder Muskelfasern des Herzens eindringen und daselbst ihr Ende finden. In den Ganglien- oder Nervenzellen entstehen durch die ununterbrochenen Ernährungsvorgänge jene der Nervensubstanz eigenthümlichen Erregungszustände, welche sich als motorische oder Bewegungsimpulse — wie elektrische Depeschen im telegraphischen Leitungsdraht — innerhalb der Nervenfädchen bis in die Herzmuskelfasern hinein fortpflanzen und die letztern zur Zusammenziehung veranlassen! —

Diese motorischen Impulse und die von ihnen veranlassten Zusammenziehungen der Herzwandungen erfolgen aber deshalb rhythmisch unterbrochen durch Momente der Ruhe und Erschlaffung — weil die in den Nervenzellen entstehenden Erregungszustände auf Widerstände stossen und sich daher erst nach Ueberwindung dieser Widerstände — also rhythmisch unterbrochen — fortpflanzen und auf die Muskelfasern übertragen können.

Wären innerhalb des Herznervensystems keine Einrichtungen zur Entstehung solcher Widerstände vorhanden, so könnte es auch begreiflich keinen rhythmischen Wechsel von Zusammenziehung und Erschlaffung, von Systole und Diastole geben, weil die Herzwandungen infolge des ununterbrochenen Nervenreizes fortwährend zusammengezogen bleiben würden, — oder wir müssten, auf jede Erklärung im voraus verzichtend, annehmen, dass die Entstehung des Nervenreizes nun einmal eine rhythmisch unterbrochene sei! —

Die Rhythmik des Herzens findet also ihre einfache und voll-

ständige Erklärung in der Voraussetzung von Widerstandseinrichtungen im Herznervensystem.

Um Ihnen das Gesagte anschaulich zu machen und zu

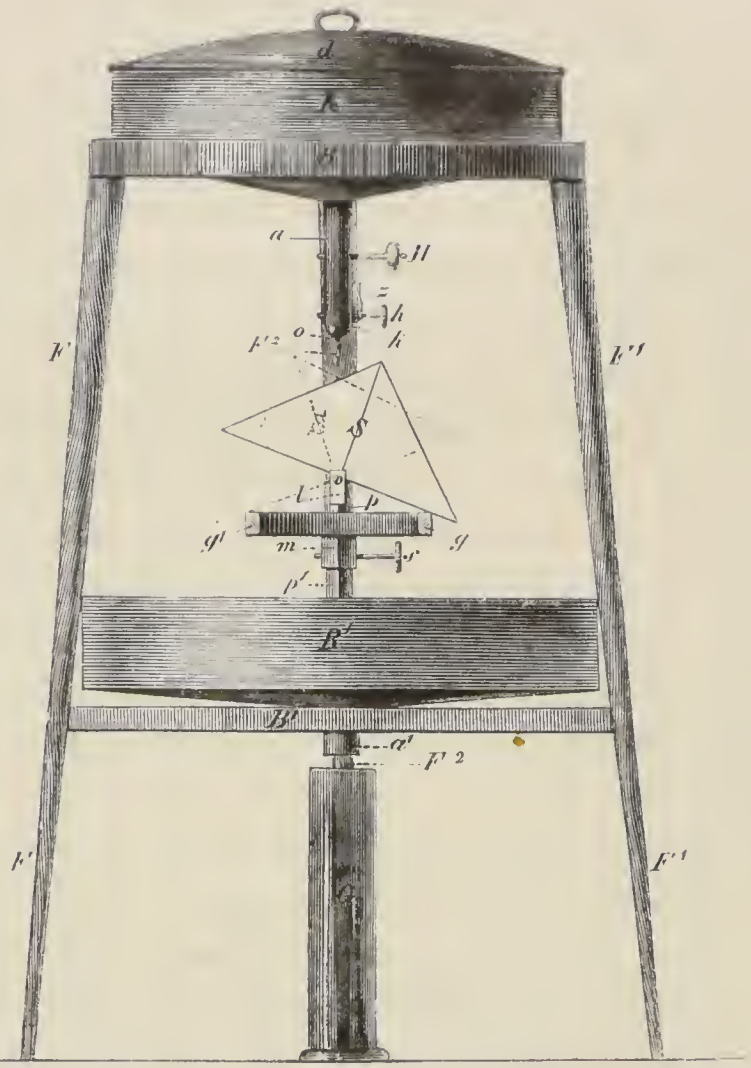



Fig. 8. Mechanisches Schema zur Erläuterung der Innervation des Herzens.

*R* Wasserreservoir mit Deckel (*d*), getragen von dem Holzgestell *B*, *F*, *F*¹. *F*². An der Abflussröhre *a*, deren Mündung bei *o* ist, befindet sich der Haupt- oder Sperrhahn *H*. Bei *h* ist ein zweiter oder Regulationshahn, der mit einem Zeiger *z* auf der im Profil gezeichneten Kreistheilung streift; er dient zur Vergrösserung und Verkleinerung der Abflussöffnung *o*. *S* ein um die horizontale Axe frei bewegliches, durch eine verticale Scheidewand in zwei Fächer getheiltes Gefäss oder Schiffchen. Das Lager (*l*) der horizontalen Axe ist am Ende des Stahlprismas *p*, *p'* aufgeschraubt. *m* eine auf demselben Prisma, durch die Schraube *s* höher und tiefer einstellbare Messinghülse, welche eine Metallgabel trägt, deren horizontale Arme *g*, *g'* zur Unterstützung des Schiffchens *S* dienen, wenn es nach rechts oder links umkippt. (Siehe die punktirten und die ausgezogenen Umrisse von *S*.) *R'* Abflussreservoir, dessen Röhre *a'* das Brett *B'* des Gestells durchbohrt; *G* Glascylinder zum Auffangen des abfliessenden Wassers.

zeigen, wie eine ununterbrochene Triebkraft durch Einschaltung und Ueberwindung von Widerständen in einzelne rhythmische Impulse zerlegt wird, erlaube ich mir Ihnen ein mechanisches Schema vor Augen zu stellen, welches ich vor einigen Jahren als ein

didaktisches Hülfsmittel zur Erläuterung der Innervation des Herzens eingerichtet und beschrieben habe (Fig. 8).

Wir werden es im weitern Verlaufe unserer Unterhaltung noch öfter benutzen. Sie sehen hier auf einem Holzgestelle $B$, $F$, $F^1$ $F^2$ ein Wasserreservoir ($R$) mit dem Deckel ($d$).

Wenn ich den Haupthahn desselben ($H$) öffne — so strömt das Wasser ununterbrochen in den Glascylinder. Schalte ich jedoch einen Widerstand ein in Form eines zweifächerigen um eine horizontale Axe beweglichen Gefässes oder Schiffchens ($S$), so sehen Sie, wie das Wasser sofort rhythmisch unterbrochen in einzelnen Pulsen abfliesst — indem sich das Wasser so lange in dem einen Fache des schräg gestellten Schiffchens anhäufen muss, bis es den Widerstand desselben überwindet und das Ganze zum Umkippen bringt, worauf dasselbe Spiel am zweiten Fache beginnt und das Schiffchen rhythmisch hin- und hergeworfen wird.

Hier haben Sie ein anschauliches Bild, in welcher Weise das Herznervensystem mit seinen Widerstandseinrichtungen die rhythmischen Herzbewegungen zu Stande bringen könnte, — denn unsere Maschine arbeitet ganz ähnlich rhythmisch wie das Herz — so verschieden auch sonst die beiden Apparate sind.

Die ununterbrochene Triebkraft in der Maschine ist das aus dem Reservoir fallende Wasser — im Herznervensystem ist die Triebkraft die in den Ganglien continuirlich entstehende Nervenerregung.

Beide Triebkräfte stossen im weitern Verlaufe auf Widerstände und können sich (da sie diese erst überwinden müssen, um wirksam zu werden) nur rhythmisch unterbrochen äussern — am Herzen durch den Wechsel von Systole und Diastole — an der Maschine durch das pendelartige, durch Ruhemomente unterbrochene Umkippen des Schiffchens ($S$).

Das eben betrachtete, dem Herzen eigenthümliche Nervensystem mit seinen Widerstandsvorrichtungen — durch dessen automatische, d. h. selbständige Thätigkeit die rhythmischen Bewegungen des Herzens nach Zahl und Energie veranlasst und unmittelbar beherrscht werden; besitzt jedoch keine absolute anatomische und physiologische Selbständigkeit! Es hängt viel-

mehr durch zwei functionell verschiedene Nervenfaserzüge mit dem Gehirn zusammen und wird auf diesen beiden Wegen von den Zuständen des Gehirns in seiner Thätigkeit — (von der wie gesagt die Zahl und Energie der Herzschläge unmittelbar abhängt) — beeinflusst.

Es entspringen nämlich von zwei differenten Gegenden im Innern des Gehirns zwei besondere Nervenfaserzüge, welche zum Herzen und den Blutgefässen hinabsteigen und (daselbst ihr Ende findend) verschiedene Wirkungen auf die Thätigkeit des Herznervensystems und somit auf den Herzschlag selbst ausüben.

Die neuere Experimentalphysiologie, welche sich die Aufgabe stellt die normalen Lebensvorgänge zu ermitteln und aus den erkannten materiellen Bedingungen mit Nothwendigkeit herzuleiten — d. h. zu erklären — hat hierüber folgende wichtige Thatsachen sichergestellt. —

*a*) Der eine dieser Nervenfaserzüge, welcher vom Gehirn durch das Rückenmark und weiterhin zum Theil durch die Bahnen des sogenannten sympathischen Nervensystems an seinen Bestimmungsort gelangt — enthält Nerven, die (wenn sie gereizt werden) die Thätigkeit des Herznervensystems erhöhen, indem sie die in den Ganglien entstehenden Triebkräfte und Reizungszustände mittelbar oder unmittelbar vermehren. Die Energie der Herzarbeit wächst infolge dessen. Der Entdecker jenes Theiles dieser Nerven, welche die Frequenz der Herzschläge unmittelbar erhöhen, mein Vorgänger im Amte, Professor *von Bezold*, hat dieselben deshalb die excitirenden Nerven genannt. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass jener andere Theil dieser Nerven, welcher die Herzthätigkeit nur mittelbar oder indirect vermehrt, die schon längst bekannten Gefässnerven sind, welche gar nicht ins Herz selbst gelangen, sondern in den contractilen Wandungen der Gefässe ihre Verbreitungsgebiete haben. Aber, indem sie die Gefässwandungen zur Zusammenziehung veranlassen und hierdurch eine mächtige Steigerung des Blutdrucks bewirken, vermehren sie ebenfalls — wenn auch nur indirect — die Energie der Herzthätigkeit.

Es würde mich zu weit führen, wollte ich Ihnen genauen

Bericht über die Fortschritte abstatten, welche seit den bahnbrechenden Untersuchungen *von Bezold*'s auf diesem Gebiete der Experimentalphysiologie gemacht worden sind. Für unseren Zweck genügt es zu wissen, dass es Nerven gibt, deren Bahnen man kennt, welche das Herz excitiren, gleichgültig ob sie dies mittelbar, wie die Gefässnerven, oder unmittelbar, wie die *von Bezold*'schen Nerven thun.

*b*) Der zweite der beiden die Thätigkeit des Herznervensystems beeinflussenden Nervenfaserzüge, welcher auch vom Gehirn entspringend, direct in der Bahn des sogenannten herumschweifenden Nerven oder Nervus Vagus an beiden Seiten des Halses zum Herzen hinabsteigt, führt hingegen Nerven, deren Reizung die Herzthätigkeit hemmen, indem sie die Widerstandseinrichtungen des Herznervensystems verstärken, so dass sich die Pausen zwischen den Herzschlägen vergrössern und das Herz sogar längere Zeit in Erschlaffung stillsteht.

Man hat sie die hemmenden oder regulirenden Nerven genannt; sie wurden vor Decennien von den Gebrüdern *Weber* in Leipzig entdeckt.

Um Ihnen die erwähnten Wirkungen der excitirenden sowol als der regulirenden oder hemmenden Nerven recht anschaulich zu machen, greife ich wieder zu unserer Maschine (Fig. 8), welche, wie wir sahen, nach demselben mechanischen Princip arbeitet wie das Herznervensystem. — An ihr müssen sich daher auch die excitirenden und die hemmenden Wirkungen demonstriren lassen. Die ersteren dadurch, dass wir die Triebkraft vergrössern — indem wir den Regulationshahn (*h*) des Wasserreservoirs (*R*) weiter aufdrehen. Ich setze die Maschine in Gang, indem ich den Haupthahn (*H*) öffne. Nun drehe ich den zweiten Hahn (*h*) um einige Grade weiter auf. Sie sehen, die Zahl und Energie der Pulsationen des Schiffchens (*S*) vermehrt sich sofort. Hört die Reizung der excitirenden Nerven auf, so stellt sich die frühere Schlagfolge wieder her. An unserm Schema geschieht dasselbe, wenn ich dem Hahn (*h*) durch Zurückdrehen seine frühere Stellung wiedergebe. Die letzteren, die hemmenden Wirkungen hingegen imitiren wir durch Vergrösserung des Widerstandes — also dadurch,

dass wir das Umkippen des Schiffchens erschweren, indem wir es schräger stellen. Dazu dient die Schraube ($s$), welche die Gabel ($g$, $g'$) an dem Prisma ($p$, $p'$) verstellt. Ich schraube die Gabel tiefer herunter und, Sie sehen, die Pausen zwischen zwei Umkippungen des Schiffchens $S$ vergrössern sich sehr merklich, weil sich nun eine grössere Menge Wasser ansammeln muss, um das Schiffchen zum Umkippen bringen zu können — ja, wenn ich die Gabel plötzlich eine grössere Strecke hinunterschraube, so bleibt das Schiffchen längere Zeit ganz bewegungslos — (Stillstand des Herzens in Diastole). —

Zum Herznervensystem, welches die Herzbewegungen unmittelbar beherrscht, zurückkehrend, darf ich wol sagen, dass Ihnen nun die entgegengesetzte Wirkung der hemmenden und der excitirenden Nerven auf dasselbe anschaulich geworden sein wird.

Durch die von den Gehirnzuständen abhängige äusserst mannichfach abgestufte Gegenwirkung, d. h. durch die Steigerung oder Schwächung des einen oder des anderen, oder beider dieser Einflüsse wird thatsächlich in jedem Momente des Lebens die Thätigkeit des Herznervensystems bestimmt und von dieser hängt dann unmittelbar die Häufigkeit und Stärke der Herzschläge in ihrer unendlichen Mannichfaltigkeit ab!

Es kommen hier im Allgemeinen die folgenden vier Fälle in Betracht.

1) Ist der erregende Einfluss des Gehirns auf die excitirenden Nerven sowol als auf die hemmenden ein sehr geringer oder = Null, so arbeitet das Herz energielos, die Pulse sind verhältnissmässig selten und schwach.

2) Steigt einseitig der excitirende Einfluss, so nimmt die Zahl der Herzschläge immer mehr zu, ohne dass die Energie der Schläge entsprechend vermehrt würde. Der Herzschlag ist häufig, aber schwach.

3) Ueberwiegt plötzlich die Wirkung der hemmenden Nerven, so bleibt das Herz kürzere oder längere Zeit in Erschlaffung ganz stillstehen, oder schlägt nur in längeren Pausen fort; die Energie

der einzelnen Schläge ist aber vermehrt. Der Herzschlag wird also selten, aber stark sein.

Endlich 4) steigert sich die Reizung in beiden Nervenbahnen zugleich, so kommt es zu jener stürmischen Herzaction, welche so viele unserer heftigen und leidenschaftlichen Gemüthsaffecte begleitet. Das Herz pocht stark und zugleich sehr frequent. So also beherrscht das Gehirn vermittelst jener beiden Nervenbahnen den Herzschlag. —

Werden diese Bahnen durchschnitten, so ist das verknüpfende Band zerrissen — der Einfluss des Gehirns auf das Herz ist damit vernichtet! Beweis genug, dass es keinen andern, etwa gar mysteriösen Zusammenhang vermittelst der berüchtigten sogenannten Lebenskraft zwischen Hirn und Herz gibt.

Ich könnte Ihnen begreiflicherweise alle diese vier möglichen Fälle an dem mechanischen Schema durch entsprechende Handhabung des Regulationshahns (*h*) und der Widerstandsschraube (*s*) anschaulich vorführen. Ich könnte auf mechanisch ganz analoge Einflüsse und ganz so, wie wir am Herzen beobachten, seltene und schwache, häufige und schwache, seltene, aber starke und endlich häufige und starke Pulsationen des Schiffchens in allmählichem oder plötzlichem, regelmässigem und unregelmässigem Wechsel hervorbringen; — allein hierauf verzichte ich und will Ihnen lieber den dritten Fall — die hemmende Wirkung der plötzlichen Reizung der in der Vagusbahn verlaufenden Nerven am lebenden Menschen — an mir selbst durch ein Experiment unmittelbar zeigen!

Ich habe nämlich die Entdeckung gemacht, dass mein rechter Nervus Vagus, durch eine Eigenthümlichkeit seiner Lagerungsverhältnisse und Umgebung am Halse — an einer bestimmten Stelle dem drückenden Finger so zugänglich ist, dass er mechanisch gereizt werden kann. Ich bin daher im Stande, jeden Augenblick durch Druck mit dem Finger auf jene Stelle der rechten Seite des Halses die Hemmungsnerven meines Herzens zu reizen und dasselbe für einige Momente zum Stillstand zu bringen.

Um Ihnen aber meine Herzschläge wahrnehmbar zu machen, werde ich mir den Marey'schen Pulshebel oder Sphygmographen

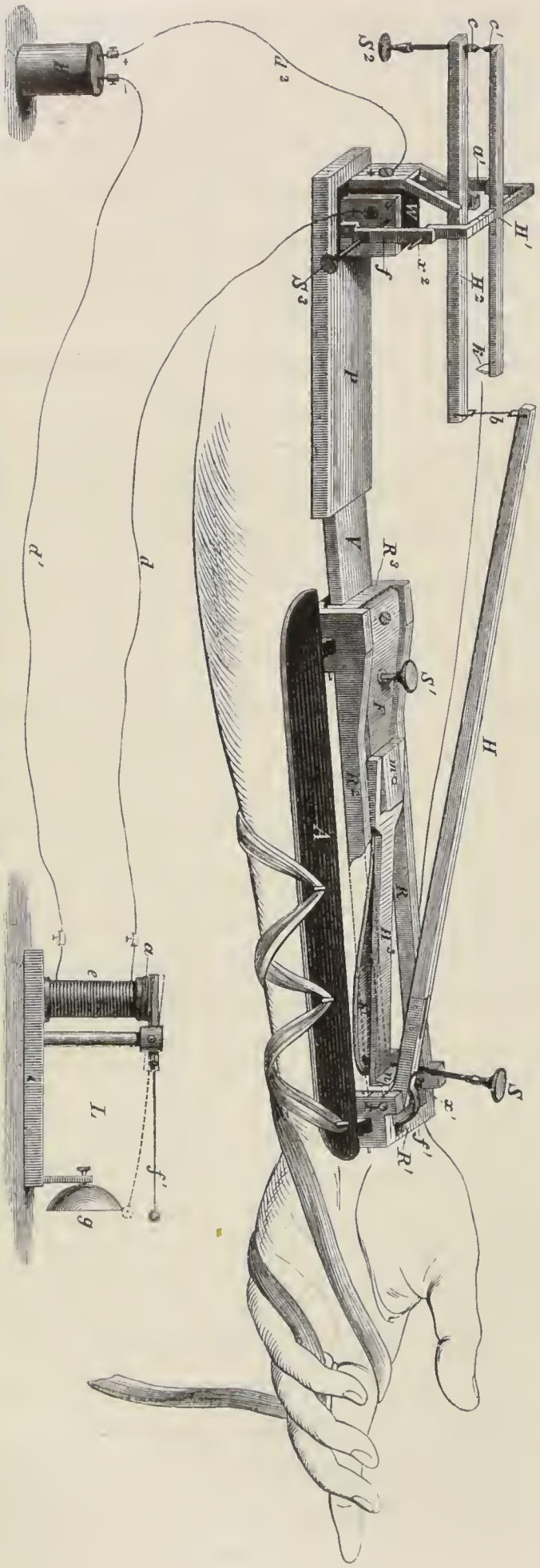


Fig. 9. Vorrichtung zur elektromagnetischen Markirung der Pulsschläge durch Glockensignale.

*L* der elektromagnetische Läutapparat, *e* der Electromagnet, der den Anker *a* des Hebels *f'* so lange anzieht, als der aus der Batterie *B* stammende elektrische Strom in den Leitungsdrähten *d*, $d^1$, $d^2$ kreist. Im Moment der Unterbrechung des Stromes fällt der Hebel *f'* und wippt (wie die punktirte Linie zeigt) mit seinem Kugelende nach der Glocke *g*, welche ein lautes Tonsignal gibt. *R*, $R^1$, $R^2$ und $R^3$ ist ein vierseitiger Messingrahmen; der Schenkel $R^2$ ist in seiner vorderen Hälfte wie abgebrochen gezeichnet, damit er die dahinter liegenden Theile des Apparats nicht verdecke; man wird ihn leicht in Gedanken ergänzen. Der vierseitige Messingrahmen ist durch zwei bewegliche, mit Leder gefütterte Blechschienen, von denen natürlich nur die rechte, *A*, zu sehen ist, auf dem Vorderarm fixirt, indem jede Schiene drei Häkchen hat, um welche in Stertouren ein festes Seidenband geführt ist, dessen Ende zwischen den Fingern der Hand herabhängt. Auf dem Schenkel $R^3$ des Messingrahmens ist eine elastische Stahlfeder *F*, *F'* aufgeschraubt, deren abgerundetes Vorderende genau auf die pulsirende Arterie des Handgelenkes drückt und durch jeden Pulsschlag emporgehoben wird. Vermittelst der Schraube *S'* kann die Spannkraft der Pulsfeder *F*, *F'* vermehrt und vermindert werden. Dort, wo sich diese Feder nach abwärts zu krümmen beginnt, ist ein Metallplättchen *m* angenietet, mit welchem die Gabel des Hebels $H^3$ artikulirt. Das vordere Hebelende trägt eine quergestellte vertical aufgebogene Stahlschneide *n* und besitzt links eine Bohrung, durch welche die Schraube *S* durchgeschraubt ist. Die Schraube *S* steht mit ihrem unteren Ende auf dem Ende der Pulsfeder *F*, *F'* auf, und wird von derselben mit auf- und niederbewegt. Da ihr Gewinde durch die Bohrung des Hebelendes $H^3$ geht, so nimmt sie diesen Hebel und seine Stahlschneide *n* bei ihren Bewegungen auch mit. Auf der Schneide *n* ruht aber der Holzhebel *H*, welcher um die Axe *x*, *x'* sehr leicht beweglich ist, und durch eine zarte Feder *f'* gegen die Schneide *n* sanft angedrückt wird, so dass er den Bewegungen derselben genau folgen muss. Auf diese Weise werden nun die Hebungen und Sen-

kungen der Pulsfeder $F$, $F'$ auf den Holzhebel $H$ übertragen, dessen freies Ende sie natürlich in vergrössertem Massstabe ausführt. Mit dem Beginn jedes Pulsschlags der Handgelenkarterie steigt der Holzhebel in die Höhe und sinkt dann wieder herab, um mit dem nächsten Schlage wieder emporzusteigen. Das freie Ende des Holzhebels steht durch eine bewegliche Gabel $b$ mit einer elektrischen Contactvorrichtung so in Verbindung, dass diese letztere genau im Momente des Beginns jeder Pulsbewegung den elektrischen Strom der Batterie ($B$) unterbricht und das Glockensignal im Läutewerk $L$ auslöst.

Meine Contactvorrichtung besteht aus zwei horizontalen zweiarmigen Metallhebeln $H^1$ und $H^2$, deren Axenlager, elektrisch isolirt an dem Hartgummiwürfel ($W$) der Platte ($P$) angebracht sind, die durch das Verbindungsstück ($V$) mit dem aufgebundenen Messingrahmen $R$, $R^1$, $R^2$, $R^3$ der Marey'schen Pulsvorrichtung zusammenhängt. Der Hebel $H^2$ ist in seinen Axenlagern, die von der auf der Hinterfläche des Würfels $W$ befestigten Metallplatte ausgehen, sehr leicht beweglich; sein vorderes Ende ist durch $b$ mit $H$ verbunden; sein hinteres Ende trägt eine Schraube $S^2$ mit einem Platinknöpfchen $c$. Der obere Hebel $H^1$ geht hingegen mit einer Spur von Reibung in seinen Axenlagern $a'$ und $f$, indem $f$ ein federnder Metallstreifen ist, der durch die Schraube $S^3$ $s$ mehr oder weniger gespannt und an den Theil des Hebels, aus dem die Axe $x^2$ hervortritt, beliebig stark und schwach angedrückt werden kann. Das hintere Ende des Hebels $H^1$ trägt ein Platinknöpfchen $c'$, welches mit $c$ im Contact ist; das vordere Ende aber ein Knötchen aus nicht leitendem Elfenbein ($k$). Verfolgt man vom + Pol der Batterie $B$ aus die Leitung für den elektrischen Strom, so führt der Draht $d^2$ nach der mit *plus* bezeichneten Metallplatte; von da durch die Axenlager in den Hebel $H^2$, und weiter durch die in Berührung befindlichen Platinknötchen $c$ und $c'$ nach $H^1$. Das federnde Axenlager ($f$) stellt die Verbindung mit der mit *minus* bezeichneten Seitenplatte des Würfels ($W$) her, von wo der Draht $d$ ausgeht, der sich mit dem einen Ende der Spirale des Elektromagneten $e$ verbindet, während das andere Ende derselben durch den Draht $d'$ an den Minus-Pol der Batterie $B$ angeschraubt ist. Die Stromleitung ist wie man sieht unter diesen Umständen geschlossen, der Elektromagnet zieht den Anker $a$ an, die Kugel der Feder $f'$ ist gehoben. So wie nun ein Pulsschlag erfolgt, wird der Hebel $H$ gehoben, zieht durch $b$ den vorderen Arm des Hebels $H^2$ mit empor, wodurch der Contact zwischen den Platinknötchen $c$ und $c'$ aufgehoben und das Glockensignal ausgelöst wird. Im Verlaufe der fortschreitenden Hebung des Hebels $H$ stösst der mitgezogene Hebel $H^2$ gegen das nicht leitende Elfenbeinknötchen $k$, wodurch der elektrische Strom zwar nicht geschlossen wird, wodurch aber der mit etwas Reibung gehende Hebel $H^1$ in eine solche Stellung und Neigung gebracht wird, dass sich noch während des Herabsinkens von $H$ und $H^2$, der Contact zwischen $c$ und $c'$ und damit die Leitung für den Strom wiederherstellt — um mit dem Beginn des nächsten Pulsschlags wieder unterbrochen zu werden und ein neues Glockensignal auszulösen.

So also werden die Pulsschläge durch meinen Apparat einer beliebig grossen Versammlung akustisch vernehmbar, und kann jede Aenderung ihrer Frequenz — wie bei dem Vagusdruckversuch — deutlich zu Gehör gebracht werden. —

dort an mein Handgelenk anschnallen, wo die Aerzte den Puls zu fühlen pflegen. Jeder Herz- oder Pulsschlag hebt den aufgebundenen Hebel — für die Nähersitzenden deutlich sichtbar — in die Höhe. Damit aber alle Anwesenden im Saale, auch die entfernt Sitzenden, gleichzeitig an dem Experiment theilnehmen können, habe ich mit dem Marey'schen Pulshebel eine elektrische Contactvorrichtung von meiner Erfindung in Verbindung gebracht, welche jeden Pulsschlag durch ein elektromagnetisches Glockensignal markirt. Die Anordnung des ganzen Apparats ist aus der Zeichnung (Fig. 9) ersichtlich.

Ich schnalle den Marey'schen Sphygmographen links an mein Handgelenk, und nun können Sie meine Puls- und Herzschläge sehen und nach den Glockensignalen zählen.

Wenn ich jetzt am Halse drücke und die Hemmungsnerven reize, so werden Sie sofort den Herzstillstand und das Seltenerwerden des Pulses wahrnehmen. Eins, zwei, drei — ich drücke am Halse, vier, Herzstillstand, fünf, Pause, sechs, Pause, sieben, acht, neun u. s. w. Die frühere Frequenz hat sich bereits wiederhergestellt. Lassen Sie uns den Versuch nochmals wiederholen. — Derselbe Erfolg!

Jedesmal nach Application des Druckes auf jene Stelle der rechten Seite meines Halses, wo die Vagusbahn verläuft, in welcher die Hemmungsnerven des Herzens vom Gehirn zum Herzen ziehen, erfolgt Herzstillstand und Verlängerung der Pausen zwischen den einzelnen Pulsen, welche allmälig ihre frühere Frequenz wieder erlangen. Bemerkenswerth ist es noch, dass auf den in der Zwischenzeit zwischen zwei Pulsen ausgeübten Druckreiz der zweite Puls immer noch ohne merkliche Verzögerung eintritt. Erst auf diesen folgt der Herzstillstand und die manifeste Verlängerung der Pausen zwischen den Herzschlägen.

Mit dem Eintritt eines Herzschlags sind also im Herznervensystem, welches die Schläge unmittelbar beherrscht, die Kräfte für den folgenden Schlag immer schon so weit vorbereitet und disponirt, dass die Hemmungsnerven keine Macht mehr über dieselben haben. —

Ich bin zu Ende!

Mit diesem Experiment haben wir den langen Weg durch das Gebiet der anatomischen, mechanischen und physiologischen Vorstellungen zurückgelegt, welche uns zum versprochenen Ziele führen sollte.

Was ich Ihnen nun noch zum Schlusse sagen will, sind einfache Folgerungen aus den mitgetheilten Thatsachen und Erklärungen.

Ich kann mich daher kurz fassen.

Sie haben erfahren, dass und wie die Erregungszustände des Gehirns, welche, beiläufig bemerkt, erregender oder lähmender Natur sein, und sich in beiden Formen den im Gehirn liegenden Ursprüngen der excitirenden und der hemmenden Herznerven mittheilen können, auf die Herzthätigkeit in der verschiedenartigsten Weise modificirend und bestimmend einwirken.

Insofern nun die Gemüthsbewegungen Erregungszustände des Gehirns sind oder doch von solchen stets begleitet werden, wird Ihnen klar geworden sein, auf welche Weise dieselben, eben vermittelst des aufgedeckten Nervenmechanismus die Herzbewegungen zu beeinflussen vermögen.

So also kommt z. B. der plötzliche Herzstillstand bei einer erschütternden Gemüthsbewegung, die eine Trauerbotschaft plötzlich hervorgerufen, dadurch zu Stande, dass dabei jener Hirntheil, aus dem die hemmenden Herznerven entspringen, erschüttert wird, und dass sich diese Erregung innerhalb der Hemmungsnervenbahnen am Halse herab fortpflanzt — wie eine Depesche im elektrischen Telegraphendraht — und auf die Widerstandsvorrichtungen im Herzen überträgt.

So werden bei freudigen Gemüthsaffecten, wo die Pulse rascher und höher schlagen, jene beiden Hirnregionen materiell gereizt, aus denen einerseits die excitirenden, andererseits die hemmenden Nerven ihren Ursprung nehmen und, indem sich diese Reizungen gleichzeitig bis zum Herzen fortpflanzen, dasselbe durch ihre Gegenwirkung, wie wir sahen, zu raschen und zugleich starken Schlägen veranlassen.

Und so in allen Fällen! Die angeführten Beispiele mögen genügen, denn den allgemeinen Schlüssel zur Erklärung sämmtlicher möglichen Fälle habe ich Ihnen oben gegeben.

Wem diese Erklärungen zu mechanisch, zu materiell erscheinen, der möge Folgendes bedenken.

Welche Ansicht, welchen Glauben über den Zusammenhang von Materie und Geist, von Leib und Seele man auch immer haben mag, — ob man materialistischen oder idealistischen, monistischen oder dualistischen Anschauungen huldige, — gleichviel! — dass es sich bei allen jenen Gemüthsbewegungen, welche notorisch mit Veränderungen des Herzschlages einhergehen, um materielle Reizungs- oder Lähmungszustände gewisser Theile des Gehirns handelt, das ist eine über alles Meinen und Glauben erhabene, absolut feststehende Thatsache!

Und jene beiden Nervenfaserzüge, die auf verschiedenen Wegen vom Gehirn zum Herzen und den Gefässwandungen ziehen, sind

die Fäden, welche den wunderbaren Zusammenhang zwischen den Gemüths- und den Herzbewegungen knüpfen — denn es gibt factisch keinen andern Zusammenhang zwischen den fraglichen Erscheinungen.

In diesen Nervenfaserzügen haben wir die geheimnissvolle Einrichtung gefunden, in ihnen das materielle Substrat jener Vorgänge kennen gelernt, welche den Parallelismus zweier so differenter Thätigkeiten wie Herz- und Gemüthsbewegungen vermitteln.

Ich aber habe Ihnen damit die exacte physiologische Antwort auf die Frage gegeben: Wie das Herz zu jener hohen ethischen Bedeutung kommt, welche ihm der Sprachgebrauch aller Völker und aller Zeiten beilegt.

# II.

# Das Ohr und das Hören.

Vortrag, gehalten den 12. Februar 1868.

(Mit 9 Holzschnitten und 1 Steindrucktafel.)

Hochgeehrte Versammlung!

Das Ohr erschliesst uns die Welt des Schalles, welche Phänomene darbietet, die — wie Sprache und Musik — in ihrer Entstehung und in ihren Wirkungen ebenso geheimnissvoll und wunderbar erscheinen, — als sie für das Leben und für die Kunst von unendlicher Bedeutung und Wichtigkeit sind!

Das Ohr und das Hören — ohne welches uns die ganze Welt des Schalles mit all ihren Genüssen und Anregungen in Nacht und Schweigen versinken würde, zum Gegenstande einer populären physiologischen Vorlesung zu machen, bedarf wol keiner besonderen Rechtfertigung!

Welcher denkende Mensch sollte auch kein Interesse, kein Verlangen haben zu erfahren, wie es denn zugeht, dass wir überhaupt — und dass wir so vielerlei hören, d. h. einzusehen, worin eigentlich die Vorgänge bestehen, die dieser wunderbar mannichfaltigen Erscheinungswelt zu Grunde liegen — und welches der Mechanismus jenes Organes ist, dessen wir uns zur Wahrnehmung derselben bedienen?

Was nun die neuere Wissenschaft auf diese Fragen zu antworten hat — das eben will ich in meinem heutigen Vortrage darzustellen versuchen — und ich glaube daher mich Ihrer freundlichen Aufmerksamkeit versichert halten zu können!

Um Ihnen das volle Verständniss unseres Gegenstandes zu erschliessen, werde ich zunächst auseinander setzen: Was Schall überhaupt ist, sodann wie er von uns wahrgenommen wird, und endlich welche Verschiedenheiten er darbietet?

Meine Darstellung wird — wie ich vornweg bemerken will — den handgreiflichen Beweis der überraschenden Thatsache liefern: dass die erhabensten Gedanken, die ein Redner ausspricht; dass die ergreifendsten Harmonien, die lieblichsten Melodien, durch die ein Künstler entzückt und begeistert, — im strengsten Sinne des Wortes zu bewegter Materie werden und so lange nichts weiter sind und sein können, als bis ein empfängliches Ohr und Gehirn sie in psychische Zustände wieder zurückverwandelt hat! —

Schon die tägliche Erfahrung lehrt, dass alle schallerzeugenden Körper in rascher zitternder Bewegung begriffen sind, und in der Luft Stösse und Schwingungen erzeugen, welche sich nach allen Richtungen hin durch den Luftraum fortpflanzen.

Ich muss Sie hier vor allem daran erinnern, dass die kleinsten materiellen Theilchen, aus denen wir uns die Luft wie jedes andere Gas zusammengesetzt denken müssen, das Bestreben haben sich von einander zu entfernen, d. h. dass sie sich gegenseitig abstossen, etwa wie die gleichnamigen Pole der Magnete. Werden diese Theilchen mit Gewalt einander von allen Seiten genähert, so dass sie sich nicht ausweichen können, so setzen sie dieser Lagenveränderung oder Verdichtung einen steigenden Widerstand entgegen, den man beim Zusammendrücken der Luft in einem allseitig geschlossenen Gefäss sehr wohl fühlt.

Lässt die pressende Gewalt nach, so kehren die Theilchen — indem sie sich gegenseitig abstossen, sofort in ihre früheren Stellungen zurück — ja sie würden, wenn sie daran nicht gehindert würden durch entgegenwirkende äussere Kräfte oder Schranken, wie die Schwere oder die Wandungen von Gefässen, in denen sie sich befinden, immer weiter und weiter auseinandertreten, so dass die Verdünnung der Luft- oder Gasmasse ins Unendliche wachsen müsste.

Wenn daher ein Lufttheilchen durch einen oscillirenden Schallkörper Stösse erhält, so schwingt es nicht nur selbst — den Bewegungen des stossenden Körpers folgend — hin und her, sondern versetzt auch nach und nach alle die anderen Theilchen des Luftraums in genau die gleiche hin- und hergehende Be-

wegung, wobei nothwendig Verdichtungen und Verdünnungen der Luftmasse entstehen müssen. Es geräth also die Luft, wenn ein Schall in ihr entsteht und sie durcheilt, in eine eigenthümliche Bewegung, an welcher wir zweierlei zu unterscheiden haben:

1) die hin- und hergehende Bewegung oder Schwingung jedes einzelnen materiellen Lufttheilchens und

2) die Art der fortschreitenden Ausbreitung und Mittheilung der Bewegung von Theilchen zu Theilchen.

Gestatten Sie mir, Ihnen, ehe ich weiter gehe, die Eigenthümlichkeit dieses ganzen Bewegungsvorganges an einem mechanischen Schema oder Modell anschaulich zu machen (vgl. Fig. 10).

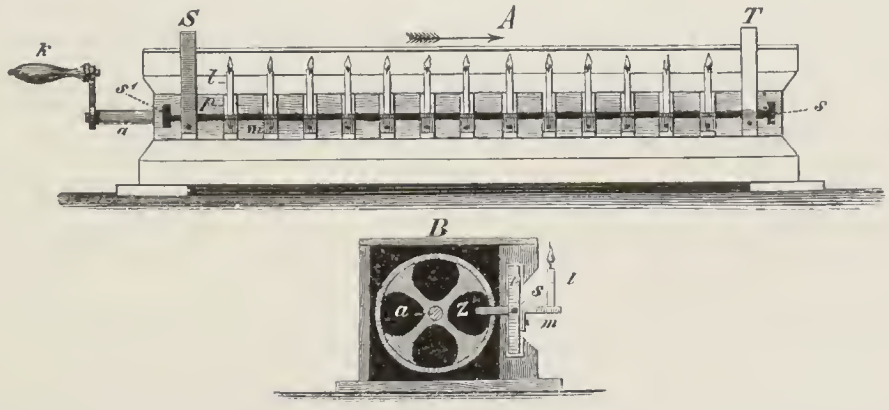



Fig. 10. Pierre's Longitudinalwellenmaschine zur Demonstration der Schallwellenbewegung.

*A* Ansicht von vorn; *B* Durchschnitt. Die genauere Beschreibung der Maschine würde uns zu weit führen; es genüge zu bemerken, dass durch Drehen an der Kurbel *k* der schwarze Blechstreif *S* und sämmtliche auf der Stange *s*, *s'* aufgereihten, in einem Falz horizontal verschiebbaren Holzklötzchen *p* mit ihren Dillen *m* und Lichtchen *l* genau in die im Text beschriebenen Oscillationen versetzt werden können, indem (vgl. den Durchschnitt bei *B*) jedes Holzklötzchen vermittelst eines Zapfens *z* in den Mechanismus eingreift, den die Axe *a* im Inneren des Kastens durch ihre Umdrehungen treibt.

Sie sehen hier eine Anzahl Flämmchen; dieselben sollen uns eine Reihe jener kleinsten, sich gegenseitig abstossenden materiellen Theilchen vorstellen, aus denen wir uns die Luft — wie jedes andere Gas — zusammengesetzt denken müssen; — die abstossenden Kräfte zwischen ihnen sind ins Gleichgewicht gekommen; — es herrscht Ruhe.

Jener Streif von schwarzem Blech (*S*), am Anfange der Lichtchenreihe, bedeutet uns ein Stück eines in schallerzeugende

Schwingungen versetzbaren Körpers, z. B. einer Violinsaite, welche mit der Luft in unmittelbarer Berührung steht.

Setzen wir nun den Mechanismus des Apparats in Thätigkeit, so sehen Sie, wie sich der Streifen von Blech (*S*) sofort zu bewegen anfängt und das erste Lichtchen vor sich her treibt.

So wie sich das erste Lichtchen dem zweiten nähert, wächst die Abstossung zwischen beiden und das letztere muss ausweichen, weil das erstere — von hinten gestützt — nicht ausweichen kann; und so treibt das erste Lichtchen das zweite vorwärts, das zweite das dritte, das dritte das vierte u. s. w. (vgl. den Pfeil bei *A*.)

Unterdessen hat der Streifen von Blech seine Bewegung vollendet und beginnt seinen Rückgang; — sofort weicht auch das erste Lichtchen zurück, weil es (von hinten nicht mehr gestützt) von allen seinen Nachbarn zurückgestossen wird, die es vorhin mittelbar oder unmittelbar vorwärtsgestossen und gegeneinander getrieben hatte.

Aus demselben Grunde weicht mit dem Rückgang des ersten Lichtchens auch das zweite wieder zurück — dann das dritte, dann das vierte, fünfte u. s. w.

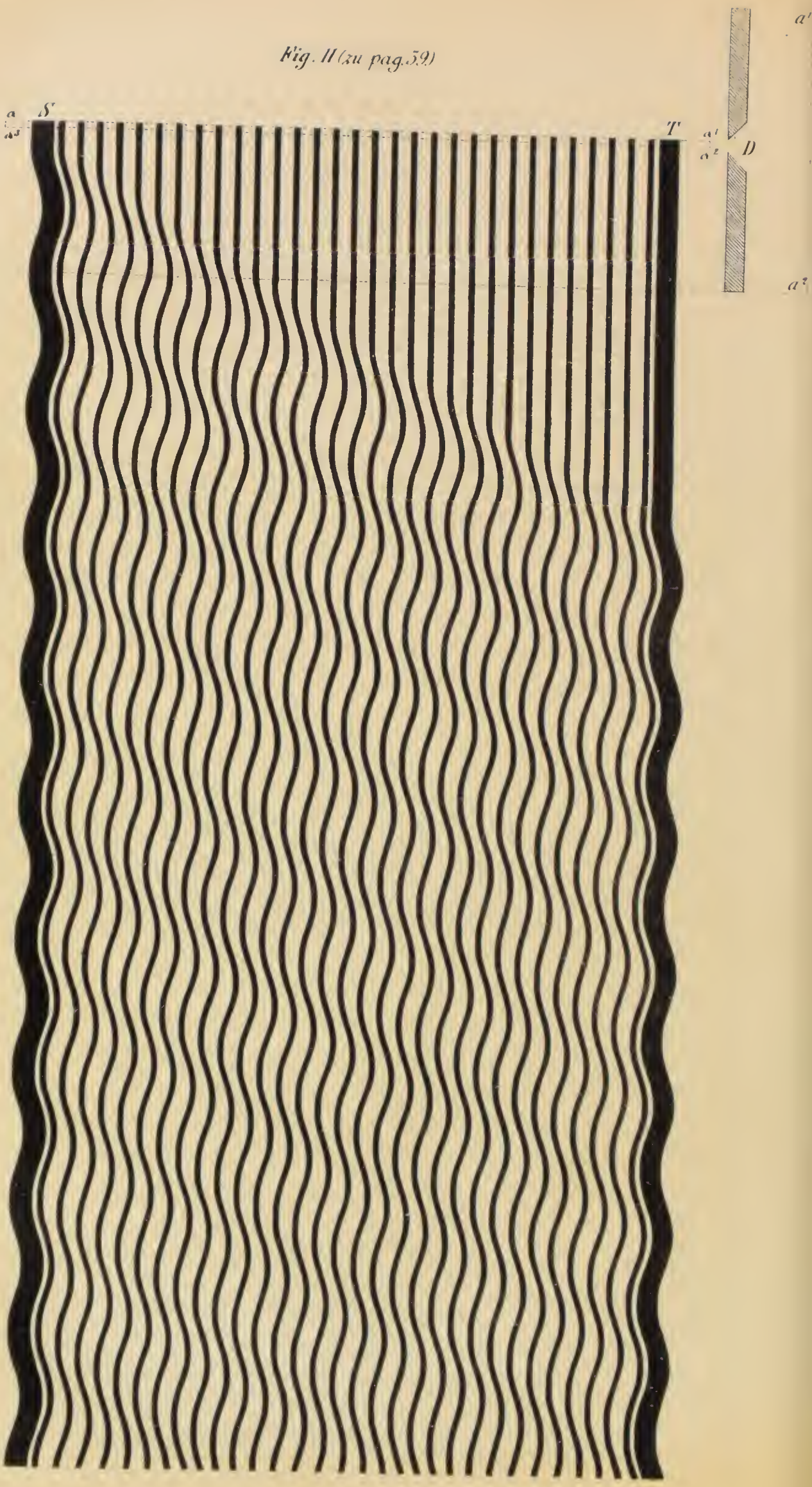
Sie sehen, wie auf diese Weise sämmtliche Lichtchen der Reihe nach in genau dieselben hin- und hergehenden Bewegungen oder Schwingungen versetzt werden, welche der schwarze Blechstreifen ausführt.

Indem nun aber jedes Lichtchen seine hin- und hergehende Bewegung etwas später anfängt, ausführt und beendet, als das unmittelbar vorhergehende, so drängen sich die Lichtchen bei ihrem Hingang dichter an einander, während sie bei ihrem Rückgang mehr auseinander weichen.

Es folgen, wie Sie deutlich sehen können, abwechselnd Gruppen dicht zusammengedrängter und weit auseinanderstehender Lichtchen aufeinander — und es entsteht der Schein, wie wenn diese Lichtchengruppen vom Blechstreifen aus fortströmten, während doch die Lichtchen selbst in Wirklichkeit nicht fortströmen, sondern an ihrem Orte bleiben, innerhalb welches sie fortdauernd nur hin- und herschwingen.

Was wirklich fortschreitet ist blos die specielle Form der

Fig. II (zu pag. 59)



pendelartigen Bewegung, welche Theilchen um Theilchen ergreift.*)

Ganz eben so geht es nun in der Luft zu, wenn sie ein schallender Körper in Bewegung bringt.

Der Streifen von schwarzem Blech entspricht in seiner Bewegung, wie gesagt, einem oscillirenden Schallkörper; die Licht-

*) Um den Leser in den Stand zu setzen, sich den durch *Pierre*'s Wellenmaschine demonstrirten Bewegungsvorgang mit leichter Mühe selbst vorführen zu können, habe ich Fig. 11 auf beigebundener Steindrucktafel entworfen. Der Leser lasse sich aus dünnen Brettchen ein Lineal von der Grösse des am Kopfe der Figur mit punktirten Linien angegebenen Vierecks ($a$, $a^1$, $a^2$, $a^3$) anfertigen. In der Mitte dieses Lineals muss eine Spalte von den, ebenfalls durch punktirte Linien ($\alpha$, $\alpha^1$, $\alpha^2$, $\alpha^3$) angegebenen Dimensionen angebracht werden, deren lange Ränder zuzuschärfen sind, wie der Durchschnitt des Spaltlineals bei $D$ deutlich zeigt. Dieses Lineal mit dem Spalt lege der Leser genau auf das punktirte Viereck ($a$, $a^1$, $a^2$, $a^3$) auf; — in der Spalte wird dann eine Reihe von gleichweit von einander abstehenden schwarzen Strichen erscheinen. Sie entsprechen den Lichtchen, welche ich für die Demonstration vor dem grossen Publikum des Rosensaales an *Pierre*'s Wellenmaschine angebracht hatte, und versinnlichen, wie diese, die kleinsten materiellen Theilchen der ruhigen Luft. Der schwarze Blechstreif an der Wellenmaschine ist hier durch den mit $S$ bezeichneten dicken schwarzen Strich am Anfang der Reihe (links) repräsentirt.

Nun fahre der Leser mit dem Spaltlineal, indem er dasselbe stets genau parallel zur Anfangsstellung halten muss, mit gleichmässiger Geschwindigkeit über die ganze Steindrucktafel senkrecht nach unten, und beachte was mit den schwarzen Strichen geschieht, welche im Spalt des Lineals zu sehen sind.

Er wird bemerken, dass dieselben Bewegungen ausführen, welche genau jenen entsprechen, welche ich oben an den Lichtchen der Wellenmaschine beschrieben habe, und welche die Lufttheilchen machen, wenn sie ein oscillirender Schallkörper ($S$) in Bewegung setzt.

Es ist leicht zu sehen, wie jeder der Striche im Spalt des bewegten Lineals einfach hin- und herschwingt und der Reihe nach die gleichartige Oscillationsbewegung, später als sein Vorgänger und früher als sein Nachfolger beginnt und beendet.

Infolge dessen bilden sich abwechselnd Gruppen, wo die Striche dichter und wo sie dünner stehen, und diese Gruppen scheinen vom schwingenden Schallkörper ($S$) nach rechts fortzuströmen.

Es versteht sich von selbst, dass genau dieselben Bewegungserscheinungen auftreten, ob man das Lineal über die festliegende Tafel nach unten führt, oder ob man das Buch unter dem festgehaltenen Lineal nach oben schiebt. —

chenreihe — einer Reihe der kleinsten Lufttheilchen; die scheinbar fortströmenden Gruppen, wo die Lichtchen sich zusammendrängen, entsprechen — Luftverdichtungen, wo sie auseinander weichen — Luftverdünnungen; und der ganze vor Ihren Augen ablaufende Bewegungsvorgang zeigt Ihnen die Schallbewegung der Luft, deren Eigenthümlichkeit darin besteht, dass die Lufttheilchen in ihrer geradlinigen Bahn nur hin- und herschwingen, während die hierdurch erzeugten Verdichtungen und Verdünnungen durch den Luftraum fortschreiten, indem sie sich immerwährend aus neuen Theilchen zusammensetzen.

Einen Bewegungsvorgang von dieser Eigenthümlichkeit nennt man in der Physik — eine Wellenbewegung.

Unser specieller Fall ist die Schallwellenbewegung. —

Den Namen „Wellenbewegung“ und alle näheren Bezeichnungen wie „Welle“, „Wellenberg“, „Wellenthal“ u. s. w. hat man hergeleitet vom Vergleiche mit der ganz analogen Wellenbewegung auf der Oberfläche des Wassers, welches dabei jedoch abwechselnd über sein Niveau steigt, und unter dasselbe sinkt — statt wie die Luft sich zu verdichten und zu verdünnen.

Deshalb heissen die durch den Luftraum fortschreitenden Verdichtungen — Schallwellenberge, die Luftverdünnungen — Schallwellenthäler.

Ein solcher Schallwellenberg — (Luftverdichtung) und ein solches Schallwellenthal (die Luftverdünnung) zusammengenommen, bilden aber, was man eine Schallwelle nennt.

Damit hätten wir also die Vorstellung von Schallwellen, die sich in gerader Linie nach einer Richtung hin fortpflanzen. Aber die Ausbreitung des Schalles geschieht gleichzeitig nach allen Richtungen des Raumes und so müssen Sie sich die Schallwellen in Wirklichkeit nothwendig in Gestalt von Kugelschalen denken, deren Durchmesser immer mehr und mehr wachsen, je weiter sie sich von ihrem gemeinschaftlichen Ausgangs- und Mittelpunkt — dem schallerzeugenden Körper — entfernen, etwa so wie die Wellenkreise immer grösser und grösser werden, welche wir durch einen Steinwurf auf der glatten Fläche eines Wasserspiegels erzeugen! —

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Schallwellen den Luftraum durcheilen, hat man gemessen und bei ruhiger Luft auf 340 Meter in der Secunde bestimmt, d. h. der Schall braucht eine ganze Secunde Zeit, um eine Strecke von 340 Meter, etwas über 1000 Fuss, zu durchlaufen, während das Licht in derselben Zeit viele 1000 Meilen macht; — deshalb hören wir aber auch den Knall einer in grosser Entfernung abgeschossenen Kanone viel später, als wir das Aufblitzen derselben sehen! — Je weiter die Entfernung ist, desto später hören wir die Detonation des Geschützes, und bei der bekannten Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles können wir die Grösse dieser Entfernung schätzen, wenn wir die Zeit messen, welche vom Momente des Aufblitzens bis zur Wahrnehmung des Knalles vergeht. Jeder Secunde Verspätung entspricht eine Vergrösserung der Entfernung um 340 Meter, jeder $^1/_2$ Secunde um 170 Meter.

Ebenso wie in der Luft und in Gasen entsteht der Schall und pflanzt sich fort in jedem anderen elastischen Medium, z. B. im Wasser und in festen Körpern — nur mit verschiedener und zwar grösserer Geschwindigkeit. —

Hiermit, meine verehrten Anwesenden, haben Sie die physikalische Antwort auf unsere erste Frage: Was ist Schall überhaupt?

Der Schall ist, wie Sie gesehen haben, nichts weiter, als eine eigenthümliche Bewegung der Materie! —

Mit dem Worte „Schall“ bezeichnet der Sprachgebrauch jedoch nicht nur den eben erörterten grobmechanischen Bewegungsvorgang, sondern zugleich auch die besondere Empfindung, welche derselbe veranlasst, wenn er unseren Hörnerven afficirt.

Dies führt uns zu unserer zweiten Frage: Wie der Schall von uns wahrgenommen wird? —

Mit der allgemeinen Antwort: „durch das Gehör“, wollen wir uns jedoch hier nicht begnügen, sondern genauer zusehen, was im Ohre vorgeht, wenn Schallwellen dasselbe treffen — wenn wir also hören.

Zu diesem Ende will ich versuchen, Ihnen mit Hülfe dieser kolossalen schematischen Durchschnittszeichnung des Ohres (vgl.

Fig. 12) und mit Hülfe vergrösserter plastischer Nachbildungen einiger seiner Theile eine klare Vorstellung von dem äusserst complicirten Bau des Gehörorganes zu geben.

Ich verhehle mir keineswegs, dass ich damit Ihre Aufmerksamkeit und Einbildungskraft auf eine harte Probe stelle.

Allein mich ermuthigt zu dieser gewagten, für das Verständniss des Folgenden aber unentbehrlichen Auseinandersetzung die Hoffnung — dass Sie der fast unheimliche Gedanke dauernd fesseln dürfte, dass die höchst verwickelten und mannichfaltigen, meist verborgenen Gebilde, welche ich möglichst anschaulich beschreiben werde, in Wirklichkeit — alle in Ihren eigenen Köpfen vorhanden sind und Sie befähigen meine Worte zu vernehmen!

Das Gehörorgan ist bekanntlich doppelt vorhanden und symmetrisch zu beiden Seiten des Kopfes an und in dem sogenannten Schläfebein angebracht.

Es zerfällt in drei Abschnitte, welche man als äusseres, mittleres und inneres Ohr bezeichnet.

Das äussere Ohr besteht aus der knorpeligen, von der allgemeinen Hautdecke überzogenen Ohrmuschel (Fig. 12. I. *M*) und dem äusseren Gehörgang (*G*), dessen Wandungen zum Theil aus Knorpel ($k^2$, $k^4$, $k^5$), zum Theil aus Knochen gebildet werden. An seinem Ende ist der Gehörgang durch eine feine, elastische Haut verschlossen. Er endet somit blind.

Diese Haut, das sogenannte Trommelfell (*T*), bildet die Grenze und Scheidewand zwischen dem äusseren und dem mittleren Ohr, welches letztere die Paukenhöhle (*P*) oder Trommelhöhle genannt wird.

Diese hinter dem Trommelfell gelegene Höhle ist ein kleiner unregelmässiger Raum mit knöchernen Wänden. Er ist nicht allseitig geschlossen, sondern steht durch eine enge, nach vorn und innen herabsteigende Röhre (*R*) mit dem hintersten Theile der Nasenhöhle in Verbindung.

Diese Röhre, welche an ihrem Nasenende trichterförmig erweitert ist und eine wulstige, durch eine zusammengebogene Knorpelplatte (im Durchschnitt $k$, $k^1$) gestützte Mündung besitzt,

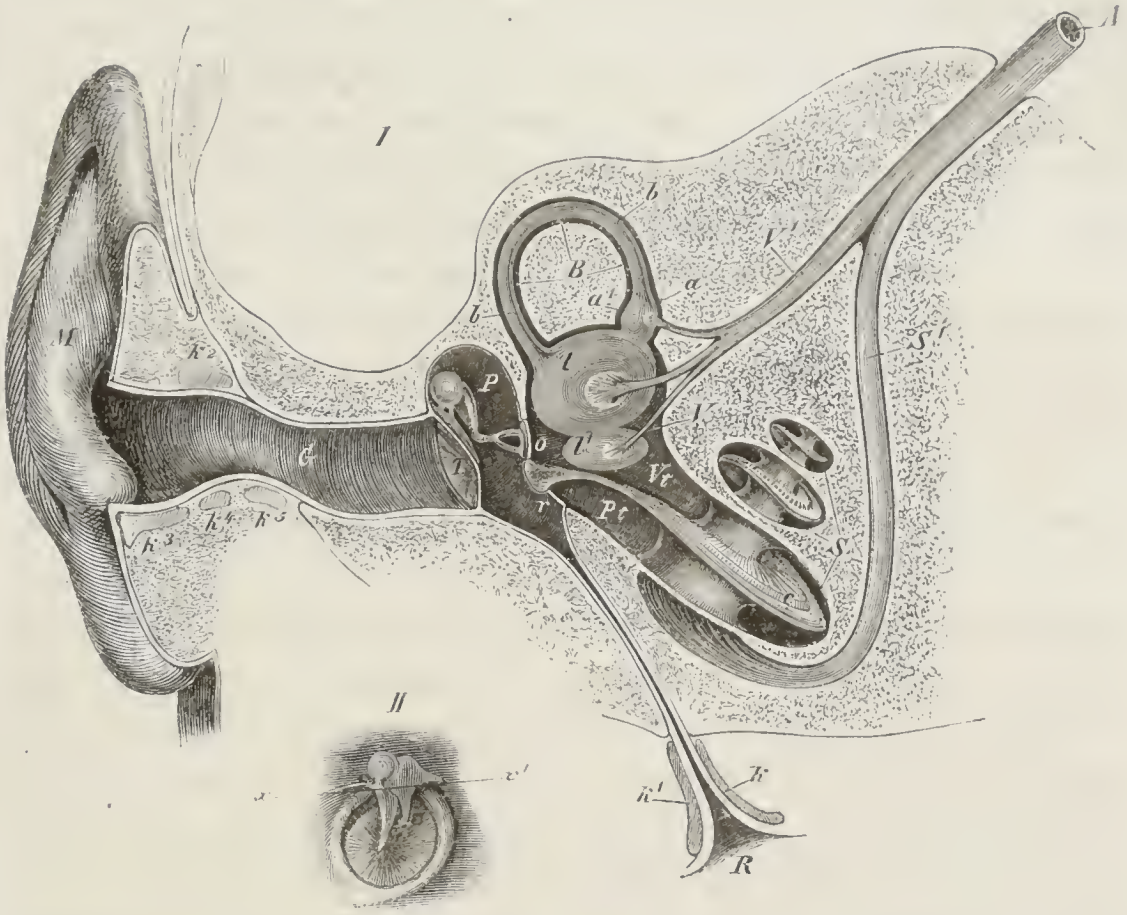



Fig. 12. I. Schematischer Durchschnitt des menschlichen Gehörorgans der rechten Seite.

*M* äusseres Ohr; *G* äusserer Gehörgang, $k^2$, $k^3$, $k^4$, $k^5$ Durchschnitte der Knorpel der Ohrmuschel und des äusseren Theiles des Gehörgangs, dessen innerer Theil knöcherne Wandungen hat; *T* Trommelfell; *P* Paukenhöhle; *o* ovales Fenster, *r* rundes Fenster, zwischen *T* und *o* die gelenkig verbundene Gehörknöchelchenkette. *R* die *Eustachi*'sche Ohrtrompete, *k*, $k^1$ die durchschnittene Knorpelplatte ihrer wulstigen und erweiterten Nasenmündung. *V*, *B* und *S* das knöcherne Labyrinth, *V* der Vorhof, *B* ein halbzirkelförmiger Bogengang mit seiner Ampulle *a*; *S* die Schnecke, durch die Spiralplatte in die Vorhofstreppe (*Vt*) und in die Paukentreppe (*Pt*) getheilt. *l'*, *l*, *b* das häutige Labyrinth, *l*, *l'* die Vorhofsäckchen. *b* ein häutiger halbzirkelförmiger Bogengang mit seiner Ampulle *a'*. *A* der Stamm des Hörnerven oder N. acusticus in den inneren Gehörgang eintretend und in zwei Hauptäste (*V'* und *S'*) sich spaltend; *V'* der Vorhofsnerv mit seinen Endverzweigungen auf den umschriebenen weissen Stellen des häutigen Labyrinths; *S'* der Schneckennerv, von unten in die Kanälchen der Schneckenspindel eintretend, um durch die knöcherne Spiralplatte zum *Corti*'schen Organ *c* zu gelangen, welches auf der oberen oder Vorhofstreppenfläche der häutigen Spiralplatte aufsitzt. Zu bemerken ist, dass der Verständlichkeit und Deutlichkeit wegen die Paukenhöhle und die Gehörknöchelchen, namentlich aber das ganze Labyrinth im Verhältniss zur Ohrmuschel viel zu gross, die Schnecke aber mit ihrer Basis nach unten gewendet gezeichnet wurde, obschon sie in Wirklichkeit die Basis ihrer Spindel nicht, wie in unserem Bilde, nach unten, sondern vielmehr nach oben und innen, gegen den N. acusticus kehrt, sodass der Verlauf des Schneckennerven *S'* ein geradliniger wird!

Fig. 12. II. Das in seinem Knochenring ausgespannte Trommelfell der rechten Seite von innen gesehen mit Hammer und Amboss in natürlicher Verbindung. *x*, *x'* zeigt die Axe, um welche sich die beiden Knöchelchen vereint hebelförmig bewegen lassen.

heisst nach einem Anatomen des 16. Jahrhunderts die *Eustachi*'sche Röhre, oder — nach ihrer Gestalt, die Ohrtrompete. Solange die Mündung der Ohrtrompete, wie dies normaler Weise in der Ruhe der Fall zu sein pflegt, geschlossen ist, wird die in der Paukenhöhle enthaltene Luft vollständig hermetisch abgeschlossen sein; sowie aber die wulstige Mündung geöffnet wird, was regelmässig bei jeder Schlingbewegung geschieht, so communicirt die Paukenhöhlenluft durch die Nase hindurch frei mit der Atmosphäre — und etwaige Spannungsunterschiede beider Luftmassen können sich sofort ausgleichen.

In diesem Umstande beruht auch die Bedeutung dieser ganzen Einrichtung, wie sich später noch genauer zeigen wird.

An der dem Trommelfell gegenüber liegenden knöchernen Innenwand der Paukenhöhle befinden sich zwei kleine Oeffnungen, welche durch zarte, quergespannte Häutchen verschlossen sind.

Die untere der beiden Oeffnungen heisst das runde (*r*), die obere das ovale (*o*) Fenster.

Noch habe ich im mittleren Ohr die zierlichen Gehörknöchelchen zu beschreiben, welche quer durch die Paukenhöhle hindurch zwischen dem Trommelfell und dem Häutchen des ovalen Fensters (*o*) eine feste, gegliederte Brücke schlagen.

Es gibt drei Gehörknöchelchen: den Hammer (*H*), den Amboss (*A*) und den Steigbügel (*S*) (vgl. Fig. 13).*)

Der Griff oder Stiel des Hammers (*H*, *s*) ist mit dem Trommelfell verwachsen und reicht fast bis in dessen Mitte herab; sein Kopf (*H*, *k*) ragt über den Paukenring, in dem das Trommelfell ausgespannt ist, frei hervor; sein langer Fortsatz (*H*, *l*) ist nach vorn in einer Knochenspalte eingeklemmt.

Der Kopf des Hammers besitzt nach hinten eine Gelenkfläche (*H*, *g*), welcher eine ähnliche Gelenkfläche am Körper des Amboss (*A*, *g'*) entspricht. Beide Knöchelchen articuliren daselbst miteinander. Der Amboss liegt hinter dem Hammer. Sein langer

*) Bei der Vorlesung bediente ich mich zur Demonstration der Gehörknöchelchen plastischer Nachbildungen derselben von kolossalen Dimensionen.

Fortsatz ($A$, $l'$) läuft parallel mit dem im Trommelfell eingewachsenen Hammergriff und ragt frei nach abwärts. Sein kurzer Fortsatz ($A$, $k'$) ist nach hinten in einem Knochengrübchen angestemmt und befestigt (vgl. Fig. 12. II.).

Die Beweglichkeit der Gelenkverbindung zwischen Hammer und Amboss ist sehr gering, dagegen können sich beide Knöchelchen weit ausgiebiger um eine gemeinschaftliche Axe (Fig. 12. II. $x$, $x'$) hebelförmig bewegen, welche durch ihre nach vorn und hinten ausgestreckten und fixirten Fortsätze (Fig. 13. $l$ u. $k'$) bestimmt ist.

Der Steigbügel endlich ist mit dem freien und etwas nach einwärts gebogenen Ende des langen Ambossfortsatzes ($A$, $l'$) gelenkig verbunden, und steht horizontal nach innen. Ein winziges Knochenplättchen, welches sich zwischen die Gelenkflächen der Verbindung zwischen Steigbügel und Ambossfortsatz einschiebt, beschreibt man wol auch als viertes Gehörknöchelchen.

Fig. 13. Die Gehörknöchelchen in natürlicher Grösse.

$H$ der Hammer, $k$ dessen runder Kopf, $s$ sein Stiel oder Griff, $l$ sein langer dünner Fortsatz, $g$ die kleine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Amboss. $A$ der Amboss, $l'$ sein langer, $k'$ sein kurzer Fortsatz, $g'$ die kleine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Hammer. $S$ der Steigbügel, bei $s$ von der Seite gesehen, bei $u$ von unten dargestellt, um Form und Grösse der Fussplatte zu zeigen.

An unserem Schema (Fig. 12. I.) sehen Sie die Gehörknöchelchen als Brücke zwischen dem Trommelfell ($T$) und der Membran des ovalen Fensters ($o$), mit welcher die Fussplatte des Steigbügels (Fig. 13. $S$, $u$) verwachsen ist, in ihrer natürlichen Anordnung ausgespannt. Der Körper des Amboss wird bei dieser Ansicht fast ganz durch den Kopf des Hammers verdeckt, dagegen sieht man deutlich seinen langen Fortsatz, welcher den Steigbügel trägt. Das schwarze Pünktchen am Halse des Hammerkopfes gibt die Projection der Axe (Fig. 12. II. $x$, $x'$), um welche sich Hammer und Amboss gemeinschaftlich wie Hebel drehen können. —

Ich komme zur Darstellung des letzten und complicirtesten Abschnittes des Gehörorgans, des sogenannten inneren Ohrs oder Labyrinths, welches die Endausbreitungen des Gehörnerven enthält.

Dasselbe ist eine allseitig geschlossene, mit wässeriger Feuchtigkeit gefüllte Höhle von ausserordentlich verwickelter Gestalt.

Mit Ausnahme der beiden durch Membranen verschlossenen Fenster, des ovalen und des runden, ist diese Höhle ganz und gar durch sehr harte knöcherne Wände begrenzt, indem sie in den festesten Knochen des menschlichen Körpers, den sogenannten Felsentheil des Schläfebeins sozusagen hineingemeisselt ist.

Der mittlere, weiteste Theil des Labyrinths heisst der Vorhof, Vestibulum (Fig. 12. I. *V*); von demselben gehen drei enge gebogene Kanäle ab — die sogenannten halbkreisförmigen Bogengänge (*B*). (In unserem Durchschnittsschema, Fig. 12. I. konnte nur ein einziger der drei Bogengänge gezeichnet werden, weil sie in drei verschiedenen, senkrecht aufeinander stehenden Ebenen liegen).

Jeder dieser drei Bogengänge ist ein enger, gleichweiter Kanal, dessen beide Enden in den Vorhof münden; nur eines dieser Enden zeigt bei allen eine kleine, flaschenförmige Erweiterung — die sogenannte Ampulle (*a*), deren es also auch drei gibt.

An der den Einmündungen der Bogengänge entgegengesetzten Seite verlängert sich der Vorhof in eine allmälig sich verjüngende blind endigende Röhre, welche, wie ein Schneckenhaus, spiralig um eine Spindel aufgewickelt ist und deshalb, sehr passend, die Schnecke (*S*) genannt wird.

Brechen wir die Wand der aus dem Felsenbein herausgemeisselten Schneckenwindungen auf*), so sehen Sie in das Innere derselben, und Sie bemerken, dass der Schneckenkanal nicht einfach ist, sondern durch eine quere Scheidewand in zwei übereinanderliegende Wendeltreppen getheilt wird. Diese Scheidewand heisst die Spiralplatte der Schnecke; sie beginnt, wie Sie sehen, zwischen den beiden Fenstern des Vorhofs und erstreckt sich spiralig gewunden bis in die letzte Windung hinauf; sie ist zum Theil knöchern, zum Theil häutig.

*) An der in der Vorlesung verwendeten Darstellung des in Fig. 12. I. abgebildeten Ohrschemas hatte ich ein Versatzstück, auf welches die Oberflächenansicht der Schneckenwindungen gemalt war, anbringen lassen. Dieses Versatzstück deckte bis dahin die Innenansicht der Schnecke.

Der unmittelbar von der Schneckenspindel ausgehende knöcherne Theil reicht bis über die Hälfte in die Lichtung der Windungen hinein; der äussere Saum zwischen hier und der gegenüberliegenden Wand besteht aus einer straffen elastischen Haut.

Von den beiden auf diese Weise gebildeten Wendeltreppen heisst die obere die Vorhofstreppe (*Vt*), die untere die Paukentreppe (*Pt*), weil erstere direct in den Vorhof führt, letztere aber, wenn das runde Fenster nicht mit einer Membran verschlossen wäre, mit der Paukenhöhle communiciren würde.

Die beiden genannten Treppen und das in ihnen enthaltene Labyrinthwasser hängen nur durch eine feine Oeffnung im obersten Ende der Spiralplatte — das sogenannte Schneckenloch oder Helicotrema mit einander zusammen — im übrigen sind es vollständig von einander getrennte Kanäle.

Das Labyrinth besteht also aus dem Vorhof mit den drei halbzirkelförmigen Bogengängen und aus dem Doppelrohr der Schnecke.

Dieser ganze Hohlraum ist, wie gesagt, mit einer Flüssigkeit — dem sogenannten Labyrinthwasser erfüllt.

In dieser Flüssigkeit schwimmend, sind im Vorhof zwei rundliche glashelle häutige Bläschen (*l* und *l'*) enthalten und in jedem der drei Bogengänge ein feiner häutiger Schlauch (*b*, *b*), der wie der knöcherne Gang und genau an derselben Stelle eine Erweiterung oder Ampulle (*a'*) besitzt; und wie die knöchernen halbzirkelförmigen Gänge mit dem Vorhofsraum, so hängen die häutigen Bogengänge mit den Vorhofsbläschen zu einem geschlossenen Ganzen zusammen. Man nennt dieses zarte Gebilde, welches ich Ihnen auf Pappe gemalt und ausgeschnitten hier vorzeige (vgl. Fig. 12. I. *l'*, *l*, *b*, *a'*), das häutige Labyrinth, und die Flüssigkeit, welche es einschliesst, das innere Labyrinthwasser zum Unterschiede vom äusseren, in welchem es derart schwimmt, dass es nirgendwo die Wände des knöchernen Labyrinths berührt.

Ich füge das Versatzstück des häutigen Labyrinths in unserem Ohrschema an seinen Platz ein, und Sie haben jetzt den klaren und vollständigen Ueberblick über alle Theile des Gehörorgans

und ihres Zusammenhangs — bis auf den Gehörnerven und seine akustischen Endorgane.

Der Hörnerve oder Nerv acusticus (*A*) besteht aus mehreren Tausend mikroskopisch feinen Nervenfädchen, die von einer Bindegewebsscheide umschlossen und zusammengehalten werden.

Er entspringt aus jenem Theile des Gehirns, den man das verlängerte Mark, Medulla oblongata, nennt, und tritt durch den sogenannten inneren Gehörgang — einen Kanal im Felsenbein — an das Labyrinth heran.

Dabei spaltet er sich in zwei Aeste, von denen der eine — der für die Schnecke bestimmte Schneckennerve (*S'*) — seine Fasern durch feine Röhrchen in der Spindel der Schnecke zur Spiralplatte aufsteigen lässt; während der andere oder Vorhofsnerv (*V'*), in mehrere Bündelchen gespalten, das häutige Labyrinth versorgt. Ein Bündelchen geht zu genau umgrenzten Stellen der Vorhofsäckchen, drei andere finden ihr Ende in den Ampullen — das ganze übrige Labyrinth bleibt nervenlos.

Fig. 14. Die steifen Härchen des Nervenverbreitungsbezirks in den Ampullen.

Die letzten Enden der Hörnervenfasern stehen an allen den genannten Orten mit eigenthümlichen und je nach der Localität verschiedenen mikroskopischen Gebilden — den sogenannten akustischen Endorganen — in Verbindung, welche wir nun im Einzelnen betrachten müssen, denn sie sind von der höchsten physiologischen Bedeutung.

In den Ampullen ist in die wulstige Stelle, die ins Innere derselben vorspringt und das umschriebene Verästelungsgebiet der Nervenenden enthält, eine grosse Menge dichtstehender, überaus feiner, zugespitzter steifer Härchen eingepflanzt (vgl. Fig. 14).

Solche steife, lange Härchen sind überaus geeignet, durch

Strömungen des sie umspülenden Labyrinthwassers in Bewegung zu gerathen und dabei eine mechanische Reizung der zwischen ihren eingepflanzten Enden liegenden Nervenverästelungen zu veranlassen.

In den Bläschen des Vorhofs sind auf den umschriebenen verdickten Stellen, wo die Nerven enden, keine oder nur kurze und spärliche Härchen zu finden, dagegen liegen ganz nahe der nervenreichen inneren Oberfläche dieser Stellen zahllose spitze Kryställchen von kohlensaurem Kalk — die sogenannten Gehörsteinchen oder Otolithen, welche durch eine schleimige Consistenz des Labyrinthwassers an diesen Stellen zusammen- und festgehalten werden (vgl. Fig. 15).

Wenn dieser Krystallbrei mit der nervenreichen Oberfläche in Zusammenstoss geräth, so wird eine mechanische Reizung der Nervenenden wol nicht ausbleiben können!

Fig. 15. Gehörsteinchen von krystallisirtem kohlensauren Kalk, den nervenreichen Stellen der Vorhofsäckchen entnommen, und unterm Mikroskop gesehen.

Die akustischen Endorgane der Nerven, welche zur Spiralplatte der Schnecke treten, sind noch eigenthümlicher und wunderbarer angeordnet, als die bisher betrachteten.

Es sind elastische Fäden oder Stäbchen, welche auf der oberen oder Vorhofstreppenfläche der häutigen Spiralplatte, ihrer ganzen Ausdehnung entlang — von unten bis hinauf in die letzte Windung — sehr regelmässig dicht nebeneinander gereiht, und wie Saiten in querer Richtung, d. h. in der Richtung der Radien der Spiralplatte, ausgespannt sind.

Man nennt sie nach ihrem Entdecker, dem Marchese *A. Corti di St. Stefano-Belbo*, *Corti*'sche Stäbchen oder das *Corti*'sche Organ.

Auf dieser Tafel (Fig. 16) habe ich zum leichteren Verständniss dieses verwickelten Gegenstandes eine möglichst vereinfachte schematische Durchschnittszeichnung der Spiralplatte entworfen.

Bei *K* sehen Sie das äussere Ende der knöchernen Spiralplatte, welche zahllose Kanälchen für die Bündel des in der Schneckenspindel aufsteigenden Schneckennerven enthält. In der Zeichnung ist ein solches Kanälchen vom Durchschnitt gerade getroffen worden, so dass es aussieht wie wenn die Spiralplatte doppelt, oder in eine obere (*o*) und in eine untere (*u*) Knochenlippe zerspalten wäre. *M* ist der membranöse Theil der Spiralplatte, welcher zwischen dem Rande des knöchernen Theils und der Wand der Schneckenwindung (*K'*) ausgespannt ist. Dort ist er festgewachsen, indem er sich in zwei Lamellen spaltet, welche die obere (*o*) und die untere (*u*) Fläche des knöchernen Theiles (*K*) als Knochenhaut überziehen; hier, indem er in Bandfasern (*b*) ausstrahlt, die sich an *K'* befestigen.

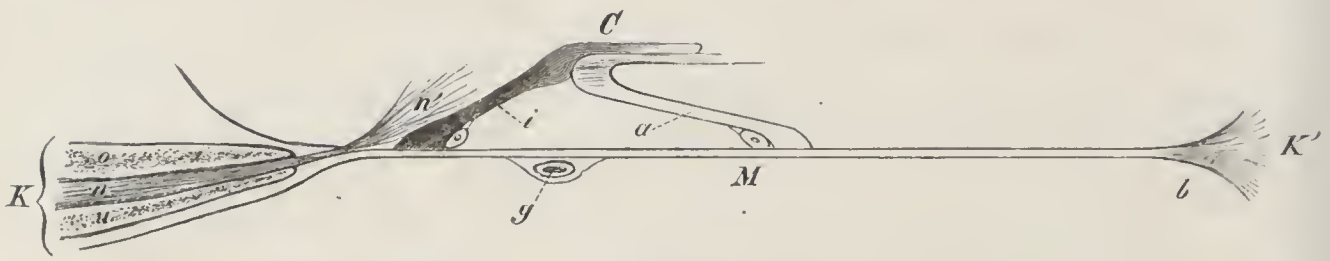



Fig. 16. Schematischer Durchschnitt der Spiralplatte mit dem *Corti*'schen Organ.

*K* das äussere Ende des knöchernen Theils der Spiralplatte, scheinbar in zwei Lippen (*o* und *u*) gespalten. *n* Fasern des Schneckennerven, in feinste Endfäserchen *n'* ausstrahlend. *M* membranöser Theil der Spiralplatte. *b* fächerförmige Bandfasern, welche *M* an die Innenfläche der äusseren Wand (*K'*) der Schnecke anheften. *C* das *Corti*'sche Organ, *i* Innenstäbchen, *a* Aussenstäbchen, *g* Durchschnitt eines Blutgefässes.

Bei *C* befindet sich das *Corti*'sche Organ, wie gesagt, auf der oberen, der Vorhofstreppe zugewendeten Fläche der häutigen Spiralplatte. Ihm entspricht an der unteren Fläche derselben ein Blutgefäss (*g*).

Es besteht aus Fäden oder Stäbchen von zweierlei Art, welche man als innere (*i*) und äussere (*a*) unterscheidet.

Das eine der verdickten Enden der Aussenstäbchen (*a*) sitzt in der Mitte der häutigen Spiralplatte fest, das andere articulirt mit dem oberen Ende des Innenstäbchens (*i*), dessen unteres ebenfalls verdicktes Ende nahe am inneren Rande der häutigen Spiralplatte festgewachsen ist. Es sind in der menschlichen Schnecke etwa 3000 *Corti*'sche Aussenstäbchen und noch mehr Innenstäbchen, indem etwa drei der letzteren auf zwei der ersteren gezählt werden.

Indem die *Corti*'schen Stäbchen, entsprechend der Verschmälerung der Spiralplatte von unten nach oben, allmälig an Länge abnehmen, so bilden sie eine Art regelmässig abgestufter Besaitung, wie wir eine solche an der Harfe und am Klavier kennen.

An die *Corti*'schen Stäbchen, welche von einem zarten Netz von Zellchen und Fäserchen umsponnen sind — in der Zeichnung sind alle diese complicirten Gebilde der Klarheit wegen weggelassen — treten die Schneckennerven (*n*), durch einen schrägen Kanal im Anfangstheil der häutigen Spiralplatte, mit ihren feinsten Enden (*n'*) heran.

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass die wie Klaviersaiten ausgespannten Stäbchen des *Corti*'schen Organs durch bestimmte Anstösse in regelmässige Vibrationen gerathen werden, und dann die mit ihnen verbundenen Nervenenden in mechanische Erregung versetzen müssen. —

Ich bin mit der Darstellung des feineren Baues unseres Gehörorgans zu Ende. Es genügt, wenn Sie als Endergebniss derselben klar erfasst haben, dass die Hörnervenenden auf zarten elastischen Membranen ausgebreitet und überall mit besonderen schwingungsfähigen Gebilden — den akustischen Endorganen — verbunden sind, welche allseitig von Flüssigkeit umspült, durch Impulse von aussen in bestimmte Bewegungen versetzt werden können, die die Nerven mechanisch erregen. —

Nun kann ich unsere zweite Frage: wie der Schall von uns wahrgenommen wird? dadurch beantworten, dass ich Ihnen zu zeigen versuche, was in den drei Abschnitten des Ohres vorgeht und wie sich die einzelnen beschriebenen Gebilde verhalten, wenn Schallwellen das Ohr treffen! —

Die Ohrmuschel und der äussere Gehörgang fangen die Schallwellen auf, und so gelangen sie bis an das Trommelfell. Die Bedeutung der Ohrmuschel als Fang- oder Schalltrichter ist beim Menschen jedoch — trotz ihrer augenscheinlich sinnvollen und eigenthümlichen Modellirung nur sehr untergeordnet, denn wenn sie verloren gegangen ist, oder durch Binden glatt an den Schädel gedrückt wird — vorausgesetzt, dass der Gehörgang frei bleibt, so wird das Gehör nur wenig beeinträchtigt. Ferner zeigt der

einfachste Versuch, dass man sogleich etwas besser hört, wenn man die Ohrmuschel aus ihrer Lage und Form mit dem Finger nach vorn herausdrängt oder gar — wie Schwerhörige zu thun pflegen — durch die von hinten her an die Ohrmuschel angelegte gekrümmte Hohlhand trichterförmig zusammenbiegt und vergrössert — ein Beweis, dass die Ohrmuschel in ihrer natürlichen Lage und Gestalt, als Schall- und Fangtrichter, nur wenig leistet.

Ganz anders ist dies bei vielen Thieren, z. B. den Pferden, Hunden, Schafen u. s. w., welche Form und Stellung ihrer Ohren durch besondere Muskeln nach Bedürfniss verändern können. Wer hätte nicht schon Gelegenheit gehabt zu sehen, wie ein Pferd z. B. seine Ohren spitzt und oft ganz unabhängig von einander nach verschiedenen Richtungen wendet, um den Schall besser aufzufangen. Aehnliche Muskeln besitzt zwar das menschliche Ohr ebenfalls — aber sie sind so armselig entwickelt und werden so wenig geübt, dass sie die wenigsten Menschen willkürlich gebrauchen können — wodurch übrigens nichts verloren wird, da ihre Wirkung unter allen Umständen unbedeutend und von keinem merklichen Einfluss auf das Hören ist.

Dass diese Muskeln aber nichtsdestoweniger wirklich vorhanden sind, zeigt die anatomische Präparation und die Fähigkeit mancher Menschen, dieselben willkürlich spielen zu lassen.

So pflegte z. B. der berühmte Anatom *Albinus*, der 1697 geboren war, — wenn er in seinen Vorlesungen an der Universität Leyden zu diesem Gegenstande kam, seine Allongen-Perrücke mit Feierlichkeit abzuheben und den Schülern die Wirkung dieser Muskeln an seinen eigenen Ohren zu demonstriren.

Wahrscheinlich erfreute sich *Albinus* nicht immer eines so zahlreichen Auditoriums, wie ich im gegenwärtigen Augenblicke — sonst hätte er sich zu seiner Demonstration — um sie allen Anwesenden sichtbar zu machen — eines ähnlichen Hülfsmittels bedienen müssen, wie ich mir ausgesonnen habe (vgl. Fig. 17), um Ihnen Allen jetzt die willkürlichen Bewegungen meiner eigenen Ohrmuscheln zu zeigen. — Ich binde mir zu diesem Ende ein Stirnband um den Kopf, an welchem ein kleiner Fühlhebel befestigt ist; stütze den Hebel vermittelst eines Stäbchens, an dem sich

ein Drahthäkchen befindet, auf das Ohr, indem ich das Häkchen in die Muschel einhänge — und Sie sehen nun wie die schuhlange mit Blattgold überzogene Vogelfeder, welche auf der Spitze des Fühlhebels steckt, die willkürlichen Bewegungen meines Ohres in vergrössertem Massstab wiedergibt. —

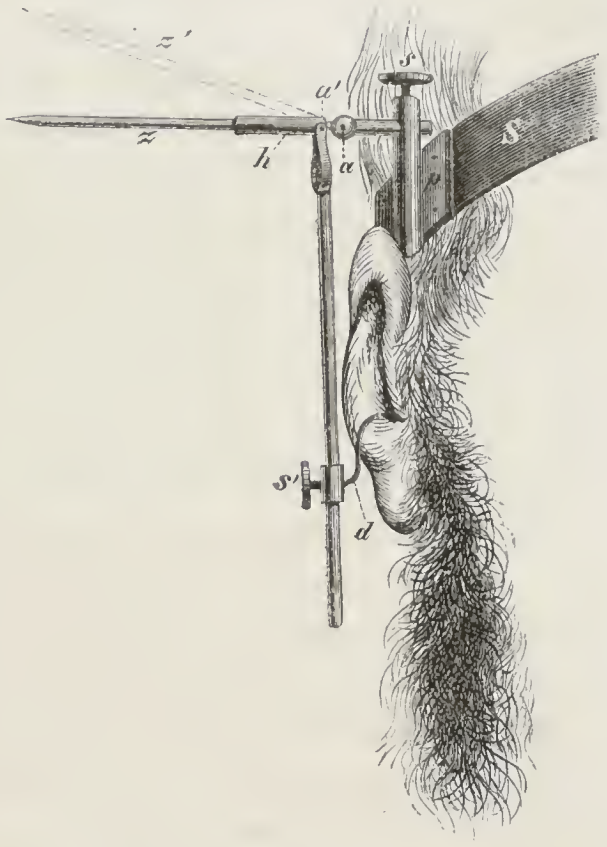



Fig. 17. Fühlhebel zur Demonstration der willkürlichen Bewegungen der Ohrmuschel.

*S* ein Stirnband, an welchem eine Messingplatte *p* befestigt ist, die einen senkrechten Stab mit horizontaler Bohrung und Schräubchen (*s*) trägt. In der Bohrung steckt ein Stäbchen, das mit einer Stahlnadel (*z*) gelenkig (bei *a*) verbunden ist. Auf die Stahlnadel ist ein federndes Hülsehen (*h*) aufgeschoben, welches wieder mit der Gabel eines längeren verticalen Stäbchens (bei *a'*) articulirt. Am unteren Ende desselben befindet sich ein durch das Schräubchen *s'* verstellbares Drahthäkehen (*d*), welches in die Ohrmuschel eingehängt wird. Auf die Spitze der Stahlnadel kommt zur Verlängerung des Fühlhebels, welchen die Nadel bildet, eine lange leichte, durch aufgelegtes Blattgold glänzend und weithin sichtbar gemachte Vogelfeder, so dass die kleinsten Bewegungen der Ohrmuschel das angehängte Ende des verticalen Stäbchens heben und sehr ausgiebige Bewegungen des Fühlhebels (s. den punktirten Contour *z'*) veranlassen müssen.

Nach diesem beiläufigen Excurse über die Ohrmuschel kehre ich zu der Auseinandersetzung der akustischen Vorgänge im Ohre zurück.

Die Schallwellen pflanzen sich also bis in die Luft des Gehörorgans hinein fort und gelangen, wie gesagt, bis an das Trommelfell, welches den Gang abschliesst.

Es ist nun leicht begreiflich, dass jede einzelne Schallwelle das Trommelfell in je eine Schwingung versetzen muss, welche der hin- und hergehenden Bewegung der Lufttheilchen und des schallerzeugenden Körpers selbst entspricht.

Um Ihnen diesen Vorgang sofort ganz anschaulich zu machen, brauche ich nur unsere — vorhin zur Demonstration der Schallwellenbewegung benutzte — Maschine (Fig. 10) neuerdings in Thätigkeit setzen zu lassen, nachdem hinter dem letzten Lichtchen der Reihe ein weisslackirter Blechstreifen

(*T*) — welcher uns das elastische Trommelfell bedeuten soll, während der schwarz lackirte Blechstreif vor dem ersten Lichtchen den schwingenden Körper vorstellt, — in Verbindung gebracht worden ist.

Sie sehen, wie der weisse Blechstreif, d. h. das Trommelfell — in dieselben Schwingungen geräth, welche der Streifen von schwarzem Blech (d. h. der schallerzeugende Körper) ausführt und wie die Bewegungen der Lichterreihe — (d. h. die Schallwellen der Luft) — diese Uebereinstimmung der Schwingungen hervorbringen!*)

In Wirklichkeit bildet also die Luft sozusagen die unsichtbare Brücke, auf welcher die Oscillationen der schallerzeugenden Körper auf das Trommelfell hinübergetragen werden.

Die Schwingungen, zu welchen das Trommelfell auf diesem Wege gezwungen wird, macht der Hammer natürlich mit, weil sein Griff oder Stiel in das Trommelfell eingewachsen ist.

Hammer und Amboss hängen aber innig zusammen und bewegen sich hebelförmig um eine gemeinschaftliche Axe.

Die Schwingungen des Trommelfells macht also wie der Hammer so der Amboss mit — und, da der Steigbügel an der Spitze des langen Fortsatzes des Ambosses sitzt — natürlich auch der Steigbügel, — und zwar in der Art, dass er die mit seiner Fussplatte verwachsene Membran des ovalen Fensters (vgl. Fig. 12. I. *o*) ein- und ausstülpt und dadurch in dieselben Schwingungen versetzt, welche das Trommelfell ausführt.

In dem Moment, wenn die Membran des ovalen Fensters durch die Steigbügelplatte eingestülpt wird, wölbt sich die elastische Membran des runden Fensters (*r*) hervor, und umgekehrt. Fehlte diese elastisch verschlossene Gegenöffnung des runden Fensters am Labyrinth, so würde das in starre Wandungen eingeschlossene, incompressible Labyrinthwasser die Oscillationsbewegung der Steigbügelplatte beeinträchtigen oder ganz verhindern. Dies alles kann

*) Der Leser möge den Versuch mit dem Spaltlineal und der Steindrucktafel Fig. 11 wiederholen; die dicken Streifen *S* und *T* entsprechen, wie der schwarze und weisse Blechstreif — dem Schallkörper einerseits und dem Trommelfell andererseits.

ich Ihnen an unserem Ohrschema zeigen, weil ich die betreffenden Theile beweglich eingerichtet habe.*)

So wird also die Schallbewegung durch die Kette der Gehörknöchelchen und die Membran des ovalen Fensters auf das Labyrinthwasser übertragen. —

Ehe ich weiter gehe, muss ich bemerken, dass diese Uebertragung der Bewegung nur dann leicht und vollständig stattfindet, wenn die Theile ihre volle freie Beweglichkeit haben und besonders auch die in der Paukenhöhle eingeschlossene Luft weder dünner noch dichter ist als die Atmosphäre.

Es ist in diesen beiden Fällen leicht verständlich, dass — wegen der stärkeren Spannung und Vorwölbung des Trommelfells gegen die Seite der dünneren Luftmasse hin die freie Beweglichkeit der Theile vermindert und somit das Hören selbst beeinträchtigt sein muss.

Die Ohrtrompete oder Tuba *Eustachii* (vgl. Fig. 12. I. *R*) dient nun dazu, die Ausgleichung derartiger, das Hören wesentlich beeinträchtigender, Druckdifferenzen zwischen der Paukenhöhlenluft und der Atmosphäre zu ermöglichen, — indem sich die Mündung ihres Nasenendes öffnet und den Kanal, der die Paukenhöhle mit der Nase verbindet, wegsam macht.

Dies geschieht, ohne dass wir es wollen und wissen, während der Schluckbewegungen. Machen wir daher, sobald sich eine Schwerhörigkeit infolge von Luftdruckdifferenzen einstellt, einige Schlingbewegungen, so verschwindet dieselbe sofort wieder, weil durch die dabei sich öffnende Ohrtrompete Luft entweder aus der Nase in die Paukenhöhle, oder aus dieser in die Nase einströmt, und das Gleichgewicht auf beiden Seiten des Trommelfells sich herstellt.

Bei verschiedenen Menschen ist die Ohrtrompete von sehr verschiedener Weite. Bei Manchen ist sie so weit, dass sie immer offen steht und es daher niemals zu den beschriebenen Erschei-

*) In dem bei der Vorlesung benutzten Ohrschema waren das Trommelfell und die Membranen des ovalen und des runden Fensters aus Kautschukstreifen hergestellt und die Gehörknöchelchen auf Pappe gemalt, ausgeschnitten und beweglich aneinander befestigt worden.

nungen kommt, weil die ungehinderte Ausgleichung das Zustandekommen etwaiger Spannungsunterschiede verhindert. Bei anderen ist sie wieder so eng, dass sie bei der geringsten Schwellung der Schleimhaut ganz unwegsam wird. Die stets verhältnissmässig geringe Weite des Ohrtrompetenkanals ist, beiläufig bemerkt, der Grund, warum man so häufig bei heftigem Schnupfen, wo die Schleimhäute schwellen, schlecht hört.

Hierdurch wird Ihnen die Bedeutung und der Nutzen jener sehr sonderbaren Communication zwischen der Pauken- und Nasenhöhle gewiss verständlich geworden sein.

Von den Umständen aber, unter welchen diese Art vorübergehender Schwerhörigkeit entsteht, will ich zwei anführen, weil sie ein besonderes Interesse darbieten dürften.

Lässt man sich nämlich in einer Taucherglocke in die Tiefe des Wassers hinab, — oder steigt man in einem Luftballon rasch in beträchtlich dünnere Luftschichten empor, so tritt jene Schwerhörigkeit sehr deutlich ein — in der Taucherglocke, weil die Luft, in der man athmet, stark comprimirt ist, während die Paukenhöhlenluft nur die Spannung einer Atmosphäre hat — das Trommelfell daher zu stark eingestülpt wird; — im Luftballon, weil die Luft, in die man emporgekommen, dünn ist im Vergleiche zu jener, die man von der Erdoberfläche — dem Grunde der Atmosphäre — in seiner Paukenhöhle mit hinaufgenommen hat — das Trommelfell also dauernd herausgestülpt wird.

Ich kann Ihnen diese Thatsachen aus eigener Erfahrung bestätigen, denn ich habe mich im Jahre 1850 im polytechnischen Institut in London mit drei anderen Herren in einer Taucherglocke in die Tiefe eines brunnenartigen Bassins hinabgelassen — und bin im vorigen Herbst in Paris, in Gesellschaft von 14 anderen Personen mit einem sogenannten „Ballon captif“ — einem an einem langen Seil befestigten kolossalen Luftballon, der erst gegen das Ende der Ausstellungszeit fertig geworden war — an 300 Meter hoch in die Luft geflogen — also weit höher als unser jenenser Hausberg.

Weder die unheimliche gedrückte Situation in der grünlich

dämmerigen Taucherglocke — noch die wahrhaft entzückende Empfindung bei der Luftfahrt, und die über alle Beschreibung herrliche Aussicht aus dem Ballon auf das vom schönsten Abendgold übergossene Paris mit seinen zahllosen punktförmigen Menschlein und zwerghaft zusammengeschrumpften Bauten — seinem Hôtel des Invalides, seinem Panthéon, seinem Arc de l'Etoile ... tief unter meinen Füssen — haben mich an der physiologischen Beobachtung über die unter diesen Umständen eintretende Schwerhörigkeit und deren sofortige Vertreibung durch Schlingbewegungen verhindert.

Ebensowenig hinderten mich aber auch diese Beobachtungen daran, die Unbehaglichkeit der Existenz in der Taucherglocke zu empfinden und die grossartige Pracht und Herrlichkeit der mir unvergesslichen Luftfahrt in vollen Zügen zu geniessen. —

Sie fragen, warum man Aehnliches nicht auch beim Befahren jedes tiefen Bergwerkes oder beim Besteigen jedes höheren Berges empfinde? Einfach darum nicht, weil man dabei nicht rasch genug in die Höhe und Tiefe gelangt und mittlerweile alle paar Minuten — ohne daran zu denken, einige Schlingbewegungen macht! — —

Ich kehre zur Schallbewegung im Ohre zurück. Wir hatten sie vorhin bis ins Labyrinthwasser verfolgt, welches durch die vom oscillirenden Steigbügel ein- und ausgestülpte Membran des ovalen Fensters in entsprechende Erschütterungen und Strömungen versetzt wird.

Diese bringen dann natürlich auch das häutige Labyrinth und die elastische Spiralplatte der Schnecke in Bewegung, und dabei kann es nicht fehlen, dass — je nach der Richtung, Anzahl, Kraft und Beschaffenheit der Impulse — endlich auch diese oder jene der so verschiedenen, früher beschriebenen akustischen Endorgane an den Ausbreitungsstellen des Hörnerven in Erzitterungen oder Mitschwingungen gerathen und die Nervenenden drücken und zerren, d. h. sie mechanisch reizen.

Der durch diese mechanische Reizung hervorgebrachte Erregungszustand der Nervensubstanz, welcher noch immer ein durch die neueren Hülfsmittel der Untersuchung nachweisbar materieller

Bewegungsvorgang ist, pflanzt sich innerhalb der Nervenröhrchen — etwa wie eine telegraphische Depesche im elektrischen Leitungsdraht — ins Gehirn hinein fort; — und im Gehirn erst findet jene geheimnissvolle Transsubstantiation des physikalischen Bewegungsvorganges der Nervenerregung in den physischen Zustand der Schallempfindung statt.

Und so wären wir denn bei der Schallempfindung angelangt. —

Sie übersehen jetzt die ganze zusammenhängende Kette von mechanischen Bewegungsvorgängen, welche der Wahrnehmung des Schalles überhaupt zu Grunde liegen, — von den Schwingungen des schallerzeugenden Körpers an — bis zu dem durch die mechanische Reizung gewisser Nervenenden hervorgebrachten Erregungszustand der akustischen Nervenmasse im Gehirn, welcher schliesslich in etwas ganz Neues — in eine Empfindung — umschlägt. — —

Für die Schallwellen gibt es, wie ich hier beiläufig erwähnen muss, noch einen zweiten kürzeren Weg zu dem Hörnerven mit seinen Endorganen im Labyrinth — nämlich durch die Schädelknochen selbst.

Diesen directeren Weg können die Schallwellen jedoch nur dann in erheblicher Stärke betreten, wenn sie durch einen festen Körper fortgeleitet werden, welcher mit den Schädelknochen selbst oder mit den Zähnen in unmittelbarer Berührung steht. —

Wenn man sich beide Ohren zustopft und dann einen Bindfaden zwischen die Zähne klemmt, an dessen Ende ein grosser silberner Löffel oder noch besser ein eisernes Lineal herabhängt — so hört man, sowie der Löffel oder das Lineal — gegen eine Tischkante hingeschwungen — anschlägt — trotz der verstopften Ohren einen so mächtigen Schall, dass man glauben kann neben der grossen Glocke des Kremels von Moskau zu stehen. — Ich empfehle Ihnen diesen einfachen und höchst überraschenden Versuch — nicht etwa blos für die Kinderstube.

Viele Schwerhörige, ja sogar manche scheinbar ganz Taube hören das auf einem Klavier gespielte Musikstück vollkommen gut,

wenn sie einen zwischen den Zähnen gehaltenen Holzstab auf den Resonanzboden des Instruments aufstemmen.

Diesen Kunstgriff hat, wie mir mitgetheilt wurde, unser verstorbener College *Scheidler* in früheren Jahren benutzt, wenn er trotz seiner Taubheit musiciren wollte.

Dieser Kunstgriff gelingt indess nur solchen Gehörkranken, bei denen das Labyrinth und der Hörnerv mit seinen Endorganen noch gesund sind, während die Theile des Leitungsweges für die Schallwellen der Luft — also Trommelfell und Gehörknöchelchen irgendwie gelitten haben und functionsunfähig geworden sind. —

Die Beantwortung unserer dritten und letzten Frage: welche Verschiedenheiten der Schall darbietet? — an die wir nun herantreten können, — muss darin bestehen, dass ich Ihnen zeige:

wie vielerlei Unterschiede die Schallempfindungen — deren unser Ohr fähig ist, — erkennen lassen, und welche Verschiedenheiten der äusseren Erregungsmittel — nämlich der Schallwellen — durch ihre Einwirkung auf den Mechanismus des Ohres — diesen Unterschieden der Empfindung entsprechen.

Der Unterschied, welchen ich zuerst besprechen will, weil er allen Arten der Schallempfindung zukommt, ist der hinsichtlich ihrer Stärke oder Intensität.

Jede, wie immer geartete Schallempfindung kann nämlich — einen stärkeren oder schwächeren Eindruck machen.

Dieser quantitative Unterschied der Schallempfindungen hängt unter übrigens gleichen Umständen nur ab von der Grösse der Schwingungen, d. h. von der Breite des Raumes, innerhalb welches der schallerzeugende Körper und die einzelnen Theilchen des leitenden Mediums hin- und heroscilliren. Denn je grösser die Excursionen der Schwingungen sind, desto mächtiger werden die Erschütterungen des Trommelfells, der Gehörknöchelchen, des Labyrinthwassers und der betreffenden Endorgane des Hörnerven ausfallen — desto intensiver ist dann auch die mechanische Erregung der Nerven und dieser entsprechend die Schallempfindung selbst.

Je kleiner hingegen die Schwingungsgrösse der ganzen Reihe der schallerzeugenden Schwingungen ist, desto schwächer muss

die nervöse Erregung und desto leiser die erzeugte Empfindung sein.

Ich komme zu dem zweiten und zwar dem Hauptunterschiede des Schalles; es ist der zwischen Geräuschen und musikalischen Klängen.

Geräusche und Klänge können in mannichfach wechselnden Verhältnissen sich mischen, ja durch Zwischenstufen unmerklich ineinander übergehen — ihre Extreme liegen aber weit auseinander.

Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Hauptklassen von Schallempfindungen ist darin begründet, dass beim Geräusch die hin- und hergehenden Bewegungen der einzelnen Lufttheilchen ganz unregelmässig sind — und dass demzufolge die miteinander abwechselnden Verdünnungen und Verdichtungen der Luft, aus denen die fortschreitenden Schallwellen des Geräusches bestehen, nicht gleichartig und übereinstimmend zusammengesetzt erscheinen, sondern ganz verschieden und regellos wechselnd.

Beim reinen Klang hingegen geschehen die Schwingungen der einzelnen Lufttheilchen ganz regelmässig, nach einer ganz bestimmten, in immer gleicher Weise wiederkehrenden Norm, und infolge dessen sind auch alle die aufeinander folgenden Schallwellen eines und desselben Klanges, genau einander gleich; es herrscht eine mathematische Uebereinstimmung der Bewegung.

Eine solche Bewegung, welche in genau gleichen Zeitabschnitten, in genau derselben Weise oder Norm wiederkehrt — mag diese Weise oder Norm an sich welche immer sein — nennt man in der Physik eine periodische.

Jene Schallwellenbewegung also, welche den musikalischen Klang hervorbringt, ist eine periodische — jene, welche das Geräusch erzeugt, eine nicht periodische Bewegung.

Die verschiedenen Wirkungen dieser beiden Arten von Schallwellenbewegung auf das Ohr scheint sich aber einfach daraus zu erklären, dass periodische Schallwellen andere der Endorgane des Hörnerven in Mitschwingungen versetzen und demgemäss auch andere Nervenfasern erregen — als nicht periodische.

In dieser Beziehung ist es von Wichtigkeit sich zu erinnern, wie verschieden die akustischen Endorgane der Nerven — je nach ihrer Form, Consistenz, Elasticität und Beweglichkeit sind. —

Wie man mit Grund vermuthet, können nämlich die saitenartig ausgespannten und abgestimmten *Corti*'schen Stäbchen auf der elastischen Spiralplatte nur durch periodische Schwingungen, die mit ihnen in Einklang sind, in anhaltende, kräftige Mitschwingungen versetzt werden; während der zähe Krystallbrei der Hörsteinchen in den Vorhofsäckchen und die feinen Härchen in den Ampullen, durch einzelne Stösse und unregelmässige, nicht periodische Erschütterungen in ausgiebige, regellose Bewegungen gerathen.

Und so sehen Sie denn, dass durch die Eigenthümlichkeit ihrer Endorgane die Nervenausbreitungen in den Vorhofsäckchen und den Ampullen zur Wahrnehmung der Geräusche — die Schneckennerven mit ihren *Corti*'schen Stäbchen aber zur Wahrnehmung der musikalischen Klänge geschickt erscheinen.

Die Erregung der Vorhofsnerven gibt Geräuschempfindungen, die der Schneckennerven aber Ton- und Klangempfindungen.

Auf die Analyse der unendlich mannichfaltigen Geräusche kann ich mich nicht weiter einlassen; ich bemerke nur, dass sie meist verschiedene, mehr oder weniger hervorstechende Klangelemente beigemischt enthalten; wie umgekehrt fast alle Klänge mehr oder weniger durch Geräusche verunreinigt sind. —

Was aber die weiteren Verschiedenheiten der reinen musikalischen Klänge angeht, so habe ich Ihnen noch zu erklären, wodurch einerseits die musikalische Tonhöhe derselben, andererseits ihre sogenannte Klangfarbe oder ihr Timbre — bedingt wird, und wie der Schneckennerv mit seinen *Corti*'schen Stäbchen diese beiden Qualitäten wahrzunehmen im Stande ist.

Die musikalische Höhe und Tiefe der Tonempfindungen ist bedingt durch die Anzahl der Schwingungen, welche der tönende Körper in einer Secunde macht.

Je grösser die Anzahl der Schwingungen in einer Secunde ist, desto höher — je kleiner, desto tiefer ist der Ton. Von dieser fundamentalen Thatsache kann ich Sie vermittelst der sogenannten

*Seebeck*'schen Sirene überzeugen. Dies ist ein Instrument, in welchem Töne, d. h. periodische Schallwellen, nur dadurch entstehen, dass ein Luftstrom, der aus einem Röhrchen entweicht, durch eine rotirende Scheibe, die eine Reihe von Löchelchen besitzt, abwechselnd unterbrochen und freigegeben wird (vgl. Fig. 18).

Man hat es dabei also ganz in seiner Gewalt, durch die Schnelligkeit der Rotation der Löchelchenscheibe, die Häufigkeit dieser Unterbrechungen und Impulse zu bestimmen und damit die Tonhöhe zu verändern — ohne sonst etwas an der Art der Schallbewegung zu ändern. Ich setze die Scheibe in Rotation und treibe durch das Röhrchen (*a*) einen kräftigen Luftstrom.

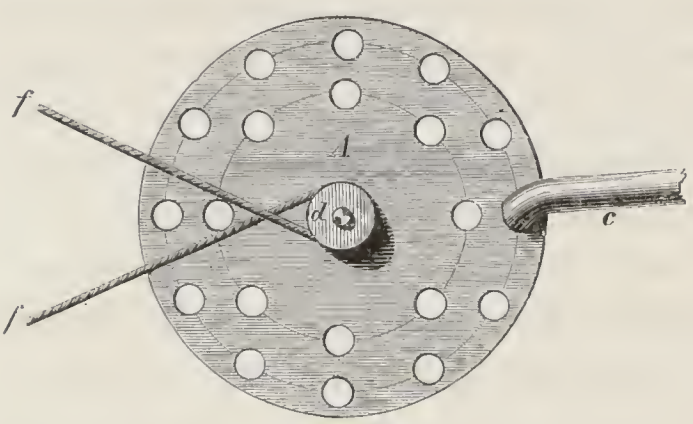



Fig. 18. *Seebeck*'sche Sirene.

Eine Scheibe von Pappe mit regelmässig angeordneten Löchelchen, gegen welche ein Röhrchen *c* einen Luftstrom bläst, während die Scheibe durch die Schnur *ff* rasch um ihre horizontale Axe gedreht wird.

Sie hören, — je rascher die Scheibe rotirt, je grösser also die Zahl der Schallwellen in einer Secunde wird — desto höher wird der Ton und umgekehrt.

Jeder bestimmten Tonhöhe entspricht immer und unter allen Umständen eine und dieselbe Schwingungszahl. Dies ist ein akustisches Fundamentalgesetz.

Dem eingestrichenen *a* z. B. entsprechen nach *Scheibler*'s, in Deutschland allgemein angenommener Festsetzung, — 440 Schwingungen in einer Secunde — nach der Pariser Stimmung die etwas tiefer ist, jedoch nur 437½. Die tiefsten, überhaupt noch wahrnehmbaren Töne haben etwa die Schwingungszahl 16½ — die höchsten dagegen bis über 38,000! — was einen Umfang der überhaupt hörbaren Töne von etwa 11 Octaven gibt. Davon sind nur etwa sieben Octaven musikalisch brauchbar.

Längst bevor man noch irgend etwas von periodischen Schallwellen und deren Messung und Zählung wusste, hatte *Phythagoras* entdeckt, dass, — wenn man eine Saite durch einen unterge-

schobenen Steg so theilen will, dass ihre beiden Abschnitte consonante Töne geben — sie im Verhältniss der bestimmten ganzen Zahlen 1, 2, 3, 4 (= 2×2), 5, 6 (= 2×3), 8 (=2×2×2) und 10 (= 2×5) — (also eigentlich der vier Zahlen 1, 2, 3, 5) getheilt werden muss.

Von der sehr merkwürdigen Beziehung der Zahlen zu den Tonintervallen will ich Sie sogleich durch den interessanten und durch sein mehr als 2000jähriges Alter ehrwürdigen Versuch am Monochord überzeugen (vgl. Fig. 19).

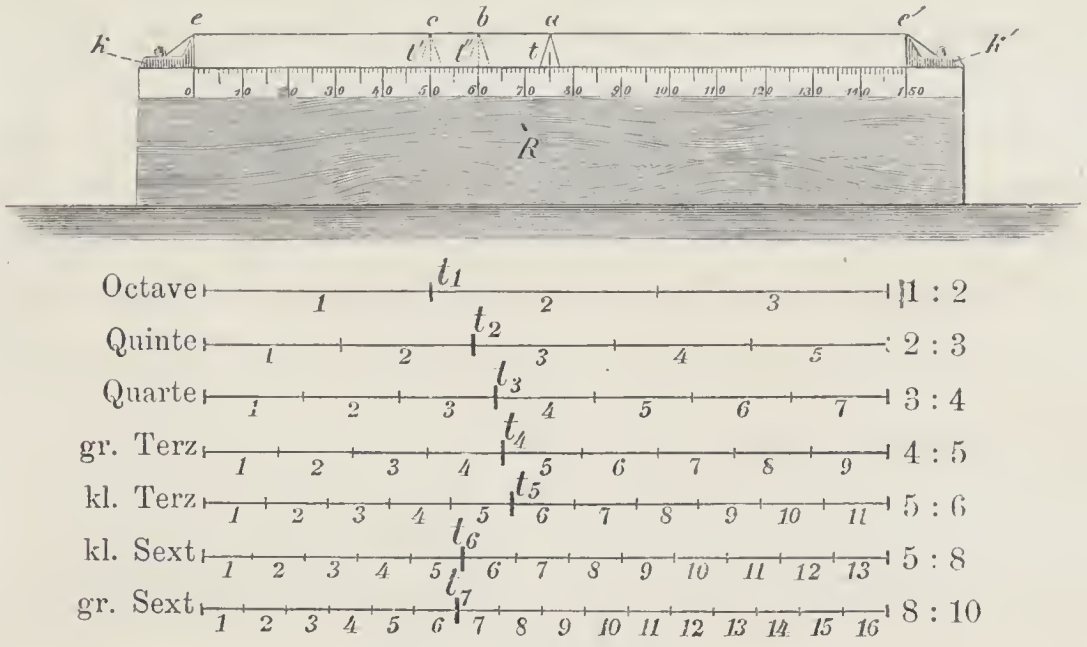



Fig. 19. Das Monochord.

*R* Resonanzkasten mit Massstab für die Einstellung des verschiebbaren Steges (*t*). Die einzige Saite des Instruments ist horizontal über die scharfkantig aufgebogenen Lager *k*,*k'* gespannt.

Das Monochord ist, wie Sie sehen, ein langer schmaler Resonanzkasten (*R*) von dünnen Brettchen, auf welchem eine einzige Saite (daher der Name) ausgespannt ist, indem ihre Enden in die festen scharfkantig aufgebogenen Lager (*k*, *k'*) eingeschraubt sind. Ein Steg (*t*) kann beliebig wo unter die Saite geschoben werden und theilt dann dieselbe in zwei selbständig schwingende Hälften. An der Seite des Kastens (*R*) ist ein Massstab (in der Fig. in 150 Theile getheilt), von welchem man das Verhältniss der Längen, in dem die entstandenen Saitenhälften zu einander stehen, ablesen kann.

Setzte ich den Steg ($t$) genau unter die Mitte der Saite (nach dem Massstab der Zeichnung also in die Verlängerung des Theilstrichs 75), so stehen die Saitenhälften im Verhältniss 1 : 1, d. h. sie sind gleich lang; ich schlage sie an; sie geben, wie Sie hören, genau denselben Ton (unisono).

Theile ich die Saite in Gedanken in drei gleiche Theile und schiebe ich den Steg genau am Grenzpunkt zwischen dem ersten und zweiten Drittel unter die Saite (vgl. Fig. 19 $t'$ bei Theilstrich 50), so hat die linke Saitenhälfte $^1/_3$, die rechte $^2/_3$ der ganzen Länge. Beide Hälften stehen im Verhältniss von 1 : 2, und wenn ich sie erklingen lasse, so geben sie, wie Sie hören, das Intervall einer Octave.

Setze ich den Steg so, dass links $^2/_5$, rechts $^3/_5$ der Länge liegen (vgl. in der Fig. 19 $t''$ bei Theilstrich 60), so ist das Verhältniss der Stücke 2 : 3 und die Töne bilden eine Quinte.

So fortfahrend findet man das Verhältniss für die

| | |
|---|---|
| Quarte | 3 : 4 |
| grosse Terz | 4 : 5 |
| kleine Terz | 5 : 6 |
| kleine Sext | 5 : 8 |
| grosse Sext | 6 : 10 oder 3 : 5 |

(vgl. die in der Fig. gezeichneten horizontalen Linien, ihre Eintheilung und die Stellung des Steges $t^1$, $t^2$, $t^3$, $t^4$, $t^5$, $t^6$ und $t^7$).

Die längere Saitenhälfte gibt immer den tieferen Ton des Intervalls. Alle übrigen Verhältnisse der Saitenhälften bringen Dissonanzen hervor.

Diese Abmessungen sind schon von den griechichen Musikern mit grosser Genauigkeit ausgeführt und als ein tiefes Mysterium betrachtet worden.

Erst sehr viel später ermittelte man, dass die einfachen Verhältnisse der Saitenlängen auch ebenso für die Schwingungszahlen der Töne bestehen und somit den Tonintervallen aller musikalischen Instrumente zukommen. Auf den Tonintervallen beruht aber eben schliesslich die ganze Musik — und Sie werden nun den vielcitirten geistreichen Ausspruch, „dass die Musik eigentlich klingende Arithmetik“ sei, zu würdigen verstehen.

Nun noch von der Klangfarbe!

Lässt man eine und dieselbe Note nach einander durch verschiedene Instrumente, etwa eine Geige, eine Clarinette, ein Piano oder eine Singstimme in der gleichen Stärke angeben, so ist die Empfindung trotzdem jedesmal von anderem akustischen Charakter, und diesen nennt man Klangfarbe oder Timbre. An Klangfarbe oder Timbre erkennt man leicht das Instrument, welches den Ton hervorgebracht hat.

Welche Verschiedenheit der periodischen Schallbewegung entspricht nun diesem Unterschiede der Empfindung?

Wir haben gesehen, dass von der Schwingungsgrösse die Stärke, — von der Schwingungsanzahl die musikalische Höhe des Tones abhängt — zur Erklärung der verschiedenen Klänge oder Klangfarben bleibt also nur noch jene Mannichfaltigkeit der periodischen Schwingungen übrig, welche sich auf deren Form oder Zusammensetzung bezieht, d. h. auf die specielle Art und Weise, wie die schwingenden Theilchen ihre Bewegung während eines einmaligen Hin- und Herganges ausführen.

Ich muss Ihnen hier, um kurz zu sein, die überraschende Mittheilung machen, dass es nur durch besondere physikalische Vorrichtungen gelingt, einen wirklich ganz einfachen Ton zu erzeugen — und dass ein jeder Klang — wie ihn unsere verschiedenen musikalischen Instrumente durch ihre complicirten Schwingungen hervorbringen — niemals wirklich ein einziger, einfacher Ton ist, sondern stets zusammengesetzt aus mehreren Tönen von verschiedener Stärke und Höhe, die gleichzeitig und in demselben Momente miteinander erklingen — sobald irgend eine Note eben durch eines unserer bekannten Musikinstrumente angegeben wird!

Von diesen einfachen Tönen, die, wie gesagt, einen jeden solchen scheinbar einfachen Klang zusammensetzen, wird derjenige, welcher der tiefste und stärkste ist, und deshalb auch durch seine Schwingungszahl die musikalische Höhe des ganzen Klanges bestimmt, der Grundton genannt, während die übrigen höheren Töne, welche gleichzeitig aber in verschiedener Stärke noch mitklingen, die Obertöne heissen.

Der Grundton und seine Obertöne verschmelzen für das Gehör so sehr zu einer einheitlichen Empfindung — der des **specifischen Klanges** — dass sie nur durch besonders geübte und aufmerksame Ohren, oder durch besondere künstliche Veranstaltungen — einzeln aus dem Klange herausgehört werden können.

Sie sehen, verehrte Anwesende! dass somit von der Form oder Zusammensetzung der periodischen Schwingungen — d. h. von der verschiedenen Anzahl und Stärke der Obertöne, die nebst dem Grundton im Klang enthalten sind, die Verschiedenheit der Klangfarbe oder des Timbres abhängt.

Wenn, um nur ein Beispiel anzuführen, die Violine und die menschliche Stimme das eingestrichene *a* nach einander angeben, — so stimmen diese, durch ihren Timbre leicht aus einander zu kennenden Klänge darin überein, dass sie beide dasselbe *a* (mit seinen 440 Schwingungen in einer Secunde) zum Grundton haben; — sie unterscheiden sich aber dadurch von einander, dass beim *a* der Violine die Obertöne in anderer Anzahl und Stärke mitklingen als beim *a* der menschlichen Stimme — und dies gilt für alle übrigen Musikinstrumente. Ich verzichte darauf, Ihnen noch mehr über die Obertöne und ihr Intervallverhältniss zum Grundton und zu einander zu sagen, sowie darauf, Ihnen zu zeigen, wie die Luftbewegung beschaffen ist, welche gleichzeitig erklingenden und neben einander bestehenden Tönen entspricht, die einen Klang zusammensetzen, denn einerseits müsste ich zu weitläufig werden, um leicht verständlich zu bleiben, andererseits aber genügt das Mitgetheilte vollständig für unseren Zweck und entzieht sich in seiner Einfachheit keiner Fassungskraft. Oder irre ich mich, wenn ich glaube, dass das Gesagte hinreicht, um sich eine im allgemeinen richtige Vorstellung vom Wesen des Klanges und der sogenannten Klangfarbe zu machen?

Jeder Klang — ich wiederhole es — ist eine Mischung verschiedener gleichzeitig im Instrument entstehender Töne, und die Verschiedenheit dieser Mischung bedingt die Verschiedenheit der Klänge oder die verschiedene Klangfarbe.

Jetzt habe ich Ihnen nur noch zu erklären, wie der Schneckennerve mit seinem System der *Corti*'schen Stäbchen die Schwin-

gungszahl oder die Tonhöhe und die Schwingungsform oder die Klangfarbe wahrzunehmen im Stande ist. Um dies in Kürze und doch in allgemein fasslicher Weise zu thun, werde ich einen Vergleich benutzen, der von *Helmholtz* selbst herrührt — dem Begründer und Entdecker der Function der Schnecke und dieser ganzen Anschauung über die zusammengesetzte Natur der Klänge! —

Denken Sie sich den Dämpfer eines Klaviers gehoben und lassen Sie irgend einen Klang kräftig gegen den Resonanzboden wirken, so bringen Sie eine Reihe von Saiten in Mitschwingung — nämlich alle die Saiten und nur die Saiten, welche den einzelnen Tönen entsprechen, die in dem angegebenen Klange als Grundton und als Obertöne enthalten sind. Die Folge davon ist, dass Ihnen aus dem Klavier der fremde Klang mit seinem specifischen Charakter, d. h. mit seiner eigenthümlichen Klangfarbe zurücktönt.

Ich will Ihnen diesen Versuch zu Gehör bringen und zwar mit laut gerufenen Vocalen. Die Vocale sind nämlich nichts anderes als verschiedene Klangfarben der menschlichen Stimme, welche dadurch entstehen, dass die Mundhöhle verschiedene Formen annimmt und durch Resonanz ganz bestimmte im Klange der Stimme enthaltene Obertöne verstärkt — andere hingegen schwächt. — Da die Klangfarbe, wie wir sahen, von der Stärke und Anzahl der zusammengemischten Obertöne des Grundtons abhängt, so muss unter diesen Umständen der Klang der menschlichen Stimme verschiedene Färbungen annehmen und diese Färbungen sind eben, wie gesagt, die Vocale. Ich trete an das Klavier, dessen Deckel zurückgeschlagen ist, sodass der Resonanzboden mit seiner Besaitung bloss liegt; ich hebe die Dämpfung durch Niederdrücken des Pedals auf und rufe mit starker Stimme *a*, dann *e*, dann *o*, *u* und *i* gegen die Saiten. Das Klavier beantwortet meine Rufe nicht wie ein musikalisches Instrument, sondern wie ein Echo, d. h. Sie haben nicht die bekannten Töne des Klaviers, sondern die Vocale meiner Stimme in ihrer specifischen Klangfarbe aus dem Klavier hervorklingen hören. Die Besaitung desselben hat nämlich auf rein mechanischem Wege die zusammengesetzten

Klangwellen der Vocale in ihre Bestandtheile zerlegt, — indem alle die Saiten und nur die Saiten in Mitschwingungen geriethen, welche den Schwingungszahlen der im Klange des Vocals enthaltenen einzelnen Töne entsprachen. Es musste daher dieselbe Tonmischung nachhallen, welche der Klangfarbe des betreffenden Vocalsentspricht, und Ihr Ohr hat diese Mischung sogleich als den bekannten Vocalklang erkannt und aufgefasst. Wie? — das sollen Sie gleich einsehen! Könnten wir jede Saite des Klaviers mit einem akustischen Nerven so verbinden, dass derselbe erregt würde und den entsprechenden einfachen Ton empfände, sobald die Saite in Schwingungen geriethe, so hätten wir begreiflicherweise ein Organ geschaffen, das zur Wahrnehmung der Tonhöhen und Klangfarben geeignet wäre.

Ein solches Miniaturklavier mit Nerven ist aber in der That die Schnecke, die wir im Ohre haben.

Die 3000 auf verschiedene Töne abgestimmten *Corti*'schen Stäbchen entsprechen nämlich den Klaviersaiten, und es ist jedes solche Stäbchen, wie wir sahen, mit akustischen Nerven verknüpft, welche jedesmal mechanisch erregt werden und einen bestimmten einfachen Ton empfinden, sobald das betreffende Stäbchen in Mitschwingungen versetzt wird.

So wie aber die Klaviersaiten nur dann in Mitschwingungen gerathen, wenn die ihnen entsprechenden Töne auf sie einwirken, ebenso schwingen auch die *Corti*'schen Stäbchen nur dann mit, wenn Schallwellen durch das Labyrinthwasser zu ihnen gelangen, deren Schwingungszahlen jenem Tone angehören, auf welche das einzelne Stäbchen genau abgestimmt ist. —

Die Empfindung verschiedener Tonhöhen ist also eine Empfindung in den einzelnen Schneckennervenfasern, deren jede eine andere Tonhöhe empfindet.

Die Empfindung der Klangfarbe beruht aber darauf, dass ein Klang, wie beim Versuch mit dem Klavier, mechanisch zerlegt wird, d. h. ausser dem seinem Grundton entsprechenden *Corti*'schen Stäbchen, noch eine Anzahl anderer — die den Obertönen entsprechen — in Mitschwingungen versetzt und somit in mehreren verschiedenen Gruppen von Fasern des Schneckennerven

einfache Tonempfindungen erregt, die zu einer einheitlichen Empfindung — eben der des besonderen Klanges — verschmelzen.

Hiermit dürfte Ihnen der Mechanismus und die Function der Schnecke im allgemeinen deutlich und begreiflich geworden sein?

Ich bin zu Ende! —

Gestatten Sie mir nur noch einen kurzen zusammenfassenden Rückblick! — Nachdem wir den Schall als einen grob-materiellen Bewegungsvorgang erkannt hatten, verfolgten wir denselben durch das äussere, mittlere und innere Ohr bis in die akustische Gehirnmasse hinein, wo er sich in den psychischen Zustand der Schallempfindung sozusagen transubstanciirt!

Wir sahen, wie die Schallwellen das Trommelfell und die Gehörknöchelchen in entsprechende Schwingungen versetzen; wie die Fussplatte des Steigbügels dem Labyrinthwasser Stösse mittheilt und in demselben Strömungen bewirkt; — und wie diese Stösse und Strömungen die verschiedenen akustischen Endorgane des Hörnerven, nach bestimmten mechanischen Gesetzen zu Mitschwingungen zwingen, welche endlich die Hörnervenenden erregen.

Wir haben dann die Stärke aller Schallempfindungen aus der Schwingungsgrösse; — die Empfindung der Geräusche aus unregelmässigen nicht periodischen, die der Klänge aus regelmässigen periodischen Schwingungen erklärt — und zugleich erkannt, dass infolge der Verschiedenheit der akustischen Endorgane erstere wahrscheinlich durch die Vorhofsnerven, letztere durch die Schneckennerven empfunden werden.

Die Empfindung verschiedener Tonhöhe erwies sich abhängig von der Schwingungszahl und geknüpft an die Mitschwingungen der einzelnen *Corti*'schen Stäbchen und an die Erregung der einzelnen Fasern des Schneckennerven — deren jede die Empfindung einer anderen Tonhöhe gibt; — während endlich die Klangfarbe, — abhängig von der Schwingungsform oder der Zusammensetzung der Schwingungen, und in ihre einfachen Tonelemente, durch die abgestimmte Klaviatur oder Besaitung der *Corti*'schen Stäbchen zerlegt in mehreren gleichzeitig erregten Gruppen von Fasern des Schneckennerven als einheitlicher Eindruck empfunden wird. —

Damit aber habe ich Ihnen — versprochenermassen — die ganze Welt des Schalles, wie sie uns das Ohr erschliesst, **mechanisch** verständlich gemacht! — denn Sie haben nun eine beiläufige Vorstellung davon, worin eigentlich die materiellen Vorgänge bestehen, welche dieser wunderbar mannichfaltigen Erscheinungswelt zu Grunde liegen, und welches der Mechanismus jenes Organs ist, dessen wir uns zur Wahrnehmung derselben bedienen!

# III.

# Stimme und Sprache.

Zwei Vorträge.

# Anatomie und Physiologie der Stimm- und Sprachwerkzeuge.

## Erster Vortrag,

gehalten den 24. Februar 1869.

(Mit 1 Steindrucktafel und 7 Holzschnitten.)

---

Hochverehrte Anwesende!

Im vorigen Jahre hatte ich an dieser selben Stätte die Ehre, Ihnen in einem Vortrag über das Ohr und das Hören auseinanderzusetzen, dass die dem Schalle überhaupt zu Grunde liegenden Vorgänge nichts anderes sind als grob-materielle, zitternde Bewegungen oder Schwingungen, welche sich in Form von Schallwellen durch die Luft bis ins Gehörorgan hinein fortpflanzen, daselbst nach bestimmten mechanischen Gesetzen diese oder jene Hörnervenfasern erschüttern und erregen, und endlich infolge der Uebertragung dieser Erregung auf das Gehirn sich in die Fülle von specifischen Schallempfindungen umsetzen, welche in dem Hörenden dann eine Welt von Vorstellungen, Gedanken und Gefühlen erwecken.

Hatte ich damals versucht, Ihnen das Wesen des Schalles, die Verschiedenheiten der Schallphänomene und die Art der Wahrnehmung derselben durch das Gehörorgan — kurz also die ganze Welt des Schalles, wie sie uns das Ohr erschliesst, mechanisch verständlich zu machen; so will ich meine diesjährige Betrachtung nur auf eine einzige Gruppe von Schallphänomenen beschränken,

welche jedoch das ganz besondere Interesse jedes Gebildeten in Anspruch zu nehmen geeignet ist, indem diese Gruppe jene Geräusche und Klänge umfasst, welche den Gesang und die Sprache des Menschen — trotz aller ideellen Bedeutung dieser beiden Leistungen, zuletzt doch ganz allein ausmachen!

Ich werde mich nämlich bemühen, Ihnen heute den Bau und die physiologische Thätigkeit der Stimm- und Sprachwerkzeuge zu erklären, um Ihnen in einem zweiten Vortrage eine befriedigende Einsicht in das Wesen der einzelnen Stimm- und Sprachlaute, sowie in den geheimnissvollen Mechanismus zu eröffnen, vermittelst welches wir diese ebenso merkwürdigen als bedeutungsvollen akustischen Erscheinungen thatsächlich hervorbringen. —

Unser Stimm- und Sprachorgan ist physikalisch betrachtet — ein Blasinstrument und lässt sich am besten mit einer Orgel vergleichen; nur dass unser Organ, statt der vielen Pfeifen, deren jedes Orgelwerk zur Erzeugung verschiedener Tonhöhen und Klangfarben bedarf, nur eine einzige Pfeife besitzt, welche jedoch vermöge ihrer höchst ingeniösen und doch eigentlich wunderbar einfachen Einrichtung nicht nur Klänge von verschiedener Höhe und Farbe, sondern auch noch eine Fülle von eigenthümlichen Geräuschen erzeugen kann — und daher weit Mannichfaltigeres leistet, als das ganze Heer jener vielen Pfeifen zusammengenommen!

Die Lungen, welche in dem beweglichen Brustkasten eingeschlossen sind, entsprechen dem Blasbalge der Orgel.

Die Luftröhre oder Trachea stellt die sogenannte Windlade der Orgel dar, welche den ganzen Registern und ihren einzelnen Pfeifen den Luftstrom zuführt, der sie zum Tönen bringt.

Der Kehlkopf oder Larynx selbst ist statt der vielen, die einzige Pfeife und der Schlund, die Mund- und Nasenhöhle bilden das bewegliche Ansatzrohr dieser einzigen Pfeife, welches allerdings in seiner Eigenthümlichkeit und in seinen verschiedenartigen Wirkungen auf die Mannichfaltigkeit der erzeugbaren Schallphänomene kein ebenbürtiges Analogon unter den Ansatzstücken hat, weder der Orgelpfeifen noch der Blasinstrumente überhaupt.

Um unseren Vergleich vollends zu Ende zu führen, brauche

ich Sie nur daran zu erinnern, dass Orgel gespielt wird, indem man den Blasebalg tritt, ein oder das andere Register aufzieht, und irgend eine Taste niederdrückt.

Der Blasebalg treibt einen Luftstrom in einen hermetisch geschlossenen Raum — die sogenannte Windlade — von wo aus derselbe nach Massgabe der Klappen, welche durch das Aufziehen der Register und das Niederdrücken der Tasten geöffnet wurden, diese oder jene der vielen verschiedenartigen Pfeifen anbläst und zum Tönen bringt.

In ganz analoger Weise nun spielen wir auf unserer Stimm- und Sprachorgel.

Wir treten zwar den Blasebalg nicht mit den Füssen, aber wir pressen durch unsere Athemmuskeln den Brustkorb und die Lungen zusammen, um einen Luftstrom zu erzeugen; wir ziehen zwar kein Register mit der Hand auf und drücken keine Tasten mit dem Finger nieder, um diese oder jene der verschiedenartig erklingenden Pfeifen zum Tönen zu bringen — weil wir eben keine Register und Tasten für Hand und Finger, und nur eine einzige Pfeife haben; — aber wir verwandeln diese einzige Pfeife in verschiedenartig erklingende Pfeifen, indem wir durch unseren Willensimpuls auf die Nerven und Muskeln den schallerzeugenden Vorrichtungen des Kehlkopfes und seines Ansatzrohrs solche Stellungen und Spannungen geben, dass Töne von verschiedener Höhe und Klangfarbe, oder Geräusche von verschiedenem akustischen Charakter hervorgebracht werden.

Bei der Orgel stehen also die vielen Pfeifen, welche zur Erzeugung der Mannichfaltigkeit der Schallphänomene nöthig sind, in Register geordnet nebeneinander; bei unserem Organ werden sie hingegen durch willkürliche Umgestaltung der einzigen vorhandenen Pfeife nacheinander hergestellt.

Was dort — bei der Orgel — Registerzug und Tastendruck mit Hand und Finger leistet, das bewirkt hier der Willensimpuls auf Nerven und Muskeln und der formverändernde Zug dieser letzteren.

Und so wie beim Orgelspiel aus dem getretenen Blasebalg der Luftstrom in die Windlade, aus dieser in die einzelnen Pfeifen,

deren Klappen durch Registerzug und Tastendruck geöffnet wurden, eindringt und demgemäss bestimmte verschiedene Töne erzeugt; ganz ebenso strömt beim Sprechen und Singen aus den zusammengepressten Lungen die in ihnen enthaltene Luft in die Trachea, aus dieser in den Kehlkopf und sein Ansatzrohr, deren schallerzeugende Theile durch Nervenreiz und Muskelzug in bestimmter Weise gestellt und gespannt wurden, und erzeugt demgemäss die gewollten verschiedenen Klänge oder Geräusche. —

Die Analogie ist, wie Sie sehen, schlagend und vollständig, und Sie haben durch unseren lehrreichen Vergleich mit einem Mal eine richtige Vorstellung von dem Mechanismus und der Spielart unseres Stimm- und Sprachinstrumentes im Allgemeinen gewonnen.

Um nun aber auch im Besonderen die Erzeugung der einzelnen Stimm- und Sprachlaute verstehen zu können, müssen Sie mir Ihre freundliche Aufmerksamkeit für die folgende Darstellung der anatomischen Beschaffenheit und physiologischen Thätigkeit der betreffenden Organe schenken.

Werfen wir zunächst einen Blick auf diese kolossale Durchschnittszeichnung (vgl. Fig. 20 auf der beigebundenen Steindrucktafel), um uns über die Lage und den Zusammenhang der fraglichen Theile zu orientiren.

Dieselbe stellt die rechte Hälfte eines Menschen von innen gesehen dar, welcher durch einen der bekannten *Uhland*'schen „Schwabenstreiche“ mittenentzwei gespalten wurde.

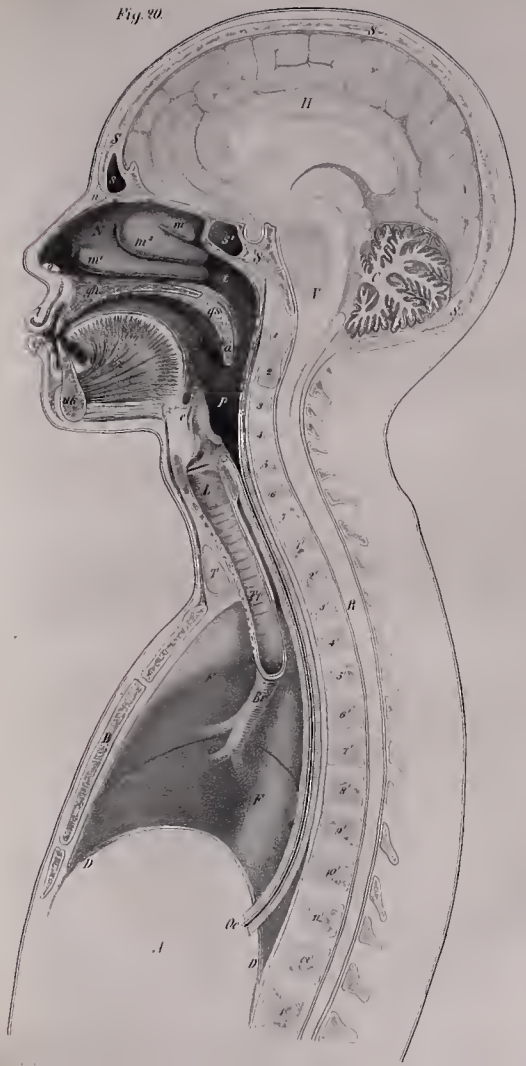
Hier Kopf, — Hals, — Brust.

Im Rücken die Wirbelsäule; vorn das Brustbein; oben die knöcherne Schädelkapsel, darin eingebettet das grosse und kleine Gehirn, nach unten im Zusammenhang mit dem Rückenmark, das im Wirbelkanal eingeschlossen ist.

Alle diese Gebilde sind nur skizzenhaft angedeutet, um die ausgeführteren Darstellungen der zum Stimm- und Sprachorgan wesentlich gehörigen Theile, deren Lage und Zusammenhang wir eben studiren wollen, desto deutlicher hervortreten zu lassen.

In der geöffneten Brusthöhle, welche nach unten durch eine convex empor gewölbte Scheidewand — das sogenannte Zwerch-

Fig. 20

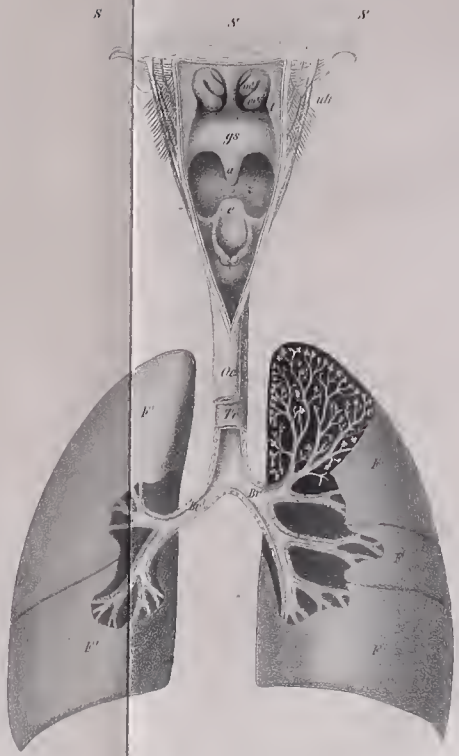


(zu pag. 76 u. f.)

*S, S* Knocherne Schädelkapsel
(*n* Nasenbein, *s* Stirn, *s'* Keilbeinhöhle)
*H* grosses Gehirn
*C* kleines Gehirn
*V* verlängertes Mark
*R* Rückenmark
*1–7* Halswirbel
*1'–12'* Brustwirbel
*1''* Lendenwirbel
*B* Brustbein
*D* Zwerchfell *a* Diaphragma
*A* Unterleibshöhle

*N* Nasenhöhle (*n*, *n'*, *n''* die 3 Nasenmuscheln, *a* Nasenloch, *t* Mündung der Ohrtrompete)
*gh* harter Gaumen
*gs* weicher Gaumen *a* Gaumensegel mit dem Zäpfchen *a*
*M* Mundhöhle (*z* Zunge, *z'* Zungenbein)
*l, l'* Ober- u. Unterlippe mit den in ihnen enthaltenen Muskeln
*ak* Unterkiefer
*P* Schlund *a* Pharynx
*Oe* Speiseröhre *a* Oesophagus
*L* Kehlkopf *a* Larynx *e* Kehldeckel
*R* Luftröhre *a* Trachea
*T* Schilddrüse
*Br* Luftröhrenast *a* Bronchus
*F F'* Lungenflügel

Fig. 21.



fell — geschlossen und von der Bauchhöhle getrennt wird, sehen Sie den rechten Lungenflügel — das Herz und der linke Lungenflügel sind mit der ganzen linken Körperhälfte entfernt worden.

Aus der Lunge tritt eine klaffende Röhre hervor, welche sich mit einer ebensolchen aus der linken Lunge kommenden Röhre, die hier natürlich abgeschnitten und nicht sichtbar ist, zur Luftröhre oder Trachea vereinigt.

Die Trachea steigt aus der Brust in den Hals empor, begleitet von der Speiseröhre, welche aus dem Unterleibe kommend, hinter der Luftröhre — zwischen dieser und der Wirbelsäule nach oben zieht, um sich in den Schlund oder Pharynx zu öffnen.

In der Höhe des 5.—6. Halswirbels endet die Luftröhre und geht in den Kehlkopf oder Larynx über, welcher sich unmittelbar vor der Speiseröhrenmündung ebenfalls in den Schlund öffnet.

Der Schlund oder Pharynx bildet einen sackartig erweiterten muskulösen Schlauch, der von den beiden hintereinander liegenden Mündungen des Kehlkopfes und der Speiseröhre gerade vor den Halswirbelkörpern bis an die Basis des Schädels hinaufreicht.

Hier communicirt er nach vorn mit zwei Höhlen — der Mund- und Nasenhöhle —, welche im Gesichtstheile des Kopfes übereinander liegen und durch eine horizontale knöcherne Scheidewand, den harten Gaumen, getrennt sind, von dessen hinterem Rand das Gaumensegel oder der weiche Gaumen mit dem Zäpfchen als beweglicher Vorhang herabhängt. Mund- und Nasenhöhle öffnen sich bekanntlich vermittelst besonderer Oeffnungen im Gesicht nach aussen. In der ersteren sieht man die halbirte Zunge, in der letzteren die drei sogenannten Nasenmuscheln.

Auf diesem Bilde (vgl. Fig. 21 der beigebundenen Steindrucktafel) habe ich den Pharynx, nach Entfernung der Wirbelsäule, von hinten geöffnet dargestellt, um dessen Zusammenhang mit der Mund- und Nasenhöhle, dann die senkrechte Nasenscheidewand, welche die Nasenhöhle in zwei Hälften theilt, die hinteren Enden der beiden unteren Nasenmuscheln, und endlich das Gaumensegel mit dem Zäpfchen in seiner ganzen Ausdehnung zu zeigen. — Die Speiseröhre, vor deren Mündung der Kehlkopfseingang zu sehen ist, wurde kurz abgeschnitten dargestellt, um die Luft-

röhre sichtbar zu machen, welche sich in die beiden Lungenäste oder Bronchien spaltet, an denen die Lungen, wie Früchte am Stiel, hängen. Die Hauptverzweigungen der Bronchien in den Lungen sind deutlich zu übersehen und in der rechten Lungenspitze sind die Verästelungen bis in ihre letzten Enden dargestellt, welche Gruppen von mikroskopisch kleinen Bläschen tragen und denselben als Luftweg dienen. Nicht nur die ganze Oberfläche einer Lunge besteht aus diesen mikroskopischen Bläschengruppen, sondern auch im Innern füllen dieselben alle Räume zwischen den gröberen und feineren Verästelungen der Bronchien und der Blutgefässe aus. Die eigentliche Lungensubstanz ist also ein feinschwammiges, durch und durch lufthaltiges, äusserst elastisches Gewebe und jede Lunge stellt somit ein Luftkissen von grosser Ausdehnbarkeit und sehr wechselnder Capacität dar. —

Der Schlund ist der gemeinschaftliche Weg für die Luft, die wir athmen, und für die Speisen und Getränke, die wir geniessen; er gewinnt aber noch eine höhere Bedeutung, indem er mit seinem Doppelende — der Mund- und Nasenhöhle — einen integrirenden Bestandtheil unseres Stimm- und Sprachorganes ausmacht.

Dieses besteht also:

1) aus einem Blasbalg — dem allseitig geschlossenen und beweglichen Brustkasten mit den Lungen,
2) aus einer Windlade — der Luftröhre und ihren beiden Lungenästen oder Bronchialverzweigungen, und
3) aus einer Pfeife mit Ansatzrohr — dem Kehlkopf mit dem in Mund- und Nasenhöhle ausgehenden Schlund. —

Orientirt über die Lage und den Zusammenhang der Hauptbestandtheile unseres Stimm- und Sprachorganes, müssen wir sie nun noch einzeln — hinsichtlich ihres Baues und ihrer Beweglichkeit genauer betrachten.

Der Athmungsmechanismus dient zwar zunächst nur der Erhaltung des vegetativen Lebens, indem er — (ohne unser Hinzuthun, automatisch, in Bewegung gesetzt) — den Luftwechsel behufs der Regeneration des Blutes in den Lungen (durch Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe) besorgt; — er functionirt aber — (willkürlich von uns beeinflusst) — auch als Gebläse für das

Stimm- und Sprachorgan, und deshalb muss er hier näher erörtert werden.

Die Lungen, welche, wie wir sahen, die Structur feinschwammiger elastischer Luftpolster haben, sind nebst andern Eingeweiden, wie das Herz, die grossen Blutgefässstämme, Drüsen, Fettgewebe u. s. w., hermetisch in der Brusthöhle eingeschlossen, und füllen den zwischen diesen Gebilden und den Brustwandungen übrigbleibenden Raum stets vollständig aus, weil sie der atmosphärische Luftdruck, welcher auf ihren Innenflächen lastet, unter allen Umständen so weit ausdehnt, bis dass sie einerseits mit den übrigen Brusteingeweiden, andererseits mit den Brustwandungen in innigen Contact kommen und bleiben müssen, wie wenn sie daselbst ringsum angewachsen wären.

Es befindet sich eben nirgendwo in der Brusthöhle ein leerer Raum, noch kann sich ein solcher daselbst bilden, denn wenn, wie beim Einathmen, der Brustraum sich vergrössert, indem seine Wandungen, gegen deren glatte Innenflächen die Lungen angedrückt sind, zurückweichen, so vermindert sich der Widerstand an den Aussenflächen der Lungen, und genau in dem Masse, als dies geschieht, muss natürlich der in ihrem Innern nunmehr einseitig lastende Luftdruck ihr elastisches Gewebe auseinander treiben und mit neuen Luftmassen erfüllen.

Hierin also liegt der Grund, dass und warum bei der Einathmung die Luft nach den Lungen hinströmt.

Die Entstehung des in entgegengesetzter Richtung fliessenden Luftstroms beim Ausathmen, wo sich der Brustraum verengt, ist aber als Folge der Zusammendrückung der gefüllten Lungen ohne weiteres klar.

Und so hätten wir denn die genauere anatomische Beschaffenheit, sowie die physiologische Thätigkeit des ersten Hauptbestandtheils unseres Stimm- und Sprachorgans — des Blasebalgs — kennen gelernt. Wir wissen jetzt, wie und wodurch der Ausathmungsluftstrom immer wieder von Neuem erzeugt wird, dessen wir uns fast ausschliesslich zur Bildung der Stimm- und Sprachlaute bedienen.

Von der Windlade, d. h. von der Luftröhre und den beiden

Bronchien mit ihren baumförmigen, in mikroskopische Bläschengruppen endigenden Ramificationen in den Lungen, brauche ich Ihnen nichts zu sagen, als dass es elastische Röhren sind, welche durch verschieden geformte, in ihre Wandungen eingelassene Knorpelplatten (vgl. Fig. 21, wo ihre Durchschnitte zu sehen sind) immer klaffend und wegsam erhalten werden und im Inneren mit einer Schleimhaut ausgekleidet sind, deren freie Oberfläche einen Ueberzug von sogenannten Flimmerzellen besitzt.

Dieses ganze Luftröhrensystem hat keine andere Bedeutung als einfach die: dem In- und Exspirationsluftstrom einen stets gangbaren Leitungsweg offen zu halten.

Weit mehr ist über den Bau und die Bedeutung des dritten und letzten Hauptbestandtheiles unseres Stimm- und Sprachorgans, nämlich der einzigen Pfeife mit dem Ansatzrohr zu berichten, denn diese Gebilde enthalten erst die eigentlichen akustischen Vorrichtungen, welche jene Schallphänomene erzeugen, die uns hauptsächlich interessiren.

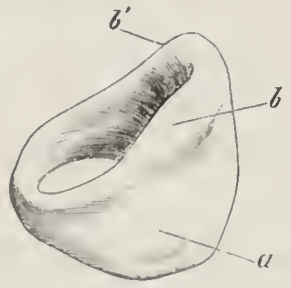



Fig. 22. Der Ring- oder Grundknorpel.

*a* Gelenkfläche zur Verbindung mit dem unteren Horn des Schildknorpels, *b*, *b'* die Gelenkflächen, auf welchen die beiden Giessbeekenknorpel beweglich aufsitzen.

Der Kehlkopf oder Larynx, welcher das kurze röhrenförmige Verbindungsstück zwischen der Trachea und dem Pharynx darstellt, und als eine unmittelbare Fortsetzung und höhere Entwickelung oder Differenzirung der Luftröhre betrachtet werden muss, besitzt ein Knorpelgerüst, dessen einzelne Stücke in kolossalen plastischen Nachbildungen hier vor Ihnen liegen.*)

Ich will dieselben einzeln zeigen und benennen und vor Ihren Augen zu dem beweglichen Skelet zusammensetzen, welches sie bilden.

Hier ist erstlich der sogenannte Ringknorpel, welcher in der That wie ein Siegelring aussieht (Fig. 22). Er sitzt unmittel-

*) Ich bediente mich sehr genau und hübsch gearbeiteter Nachbildungen der Kehlkopfknorpel, welche mein geehrter Freund und College, Herr Geheimer Hofrath *Gegenbaur*, vom hiesigen Anatomiediener in kolossalem Massstab hatte anfertigen lassen.

bar ober dem letzten Knorpelhalbring der Luftröhre und trägt selbst das ganze Gerüst des Kehlkopfes, weshalb wir ihn den Grundknorpel nennen wollen.

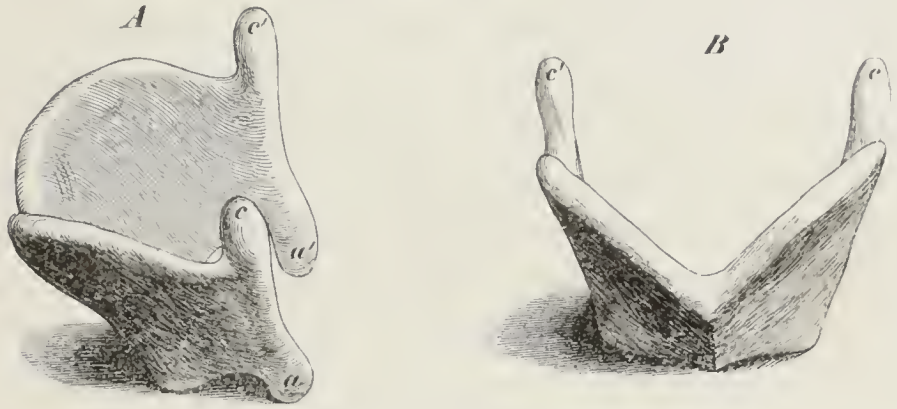



Fig. 23. Der Schild- oder Spannknorpel.

Bei *A* schräg von hinten und links gesehen. Bei *B* Ansicht von vorn und oben. *a*, *a'* das linke und das rechte untere Horn; *c*, *c'* die beiden oberen Hörner.

Hier sehen Sie zweitens (Fig. 23) den sogenannten Schildknorpel, eine in der Mitte geknickte breite Platte, deren vier Ecken sich in gerade Fortsätze oder Hörner verlängern. Die oberen sind durch Stränge von Bandmasse mit dem hufeisenförmigen Zungenbein verbunden, das oberhalb des Kehlkopfes im Muskelfleisch eingebettet ist. Die unteren Hörner articuliren mit den Seitentheilen des Grundknorpels. Ich stelle diese Gelenkverbindung her und Sie sehen, wie sich der Schildknorpel auf dem Grundknorpel hebelförmig auf und nieder bewegen lässt.

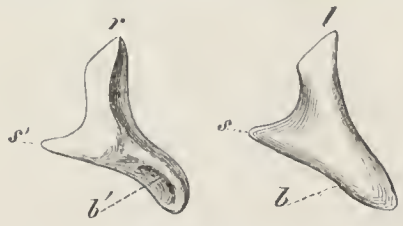



Fig. 24. Die beiden Giessbecken- oder Stellknorpel.

Bei *r*, der der rechten Seite; bei *l* der der linken Seite; der rechte Knorpel *r* ist so gestellt, dass man an ihm die Innenfläche und Theile der hinteren und unteren Fläche übersieht; der linke Knorpel *l* kehrt dem Beschauer seine Aussenfläche zu. *s*, *s'* Stimmfortsatz, *b*, *b'* Gelenkfortsatz mit der concaven Fläche zur Verbindung mit dem Ringknorpel.

Hier endlich sind die beiden Giessbeckenknorpel (Fig. 24), so genannt, weil sie, wenn man sie mit ihren Innenflächen aneinander legt eine Art Schnabel bilden, welcher nach der blühenden Phantasie der alten Anatomen eine Aehnlichkeit mit der Schneppe einer Giessbeckenkaraffe haben sollte.

Sie haben die Form von kleinen dreiseitigen Pyramiden mit

rückwärtsgebogener Spitze und senden einen Fortsatz nach vorn, einen nach aussen und hinten ab. Sie sitzen mit ihrer concaven Basis auf dem Rande der senkrechten Siegelringplatte des Grundknorpels nach allen Richtungen frei beweglich auf. Sie können weit von einander entfernt und wieder bis zur Berührung genähert werden, dabei können sie sich in jeder dieser Stellungen um ihre Höhenaxe nach aussen und innen drehen und um die Queraxe nach vorwärts und rückwärts neigen.

Die Beweglichkeit der beiden Knorpelchen auf dem Rande des Grundknorpels ist also in der That eine sehr freie. Ich bringe sie jetzt dahin, und lasse sie — nachdem ich mit ihnen alle die möglichen Bewegungen ausgeführt habe — ruhig an Ort und Stelle sitzen — und das Knorpelgerüst des Kehlkopfes steht fertig aufgebaut vor Ihnen! (Vgl. Fig. 25.)

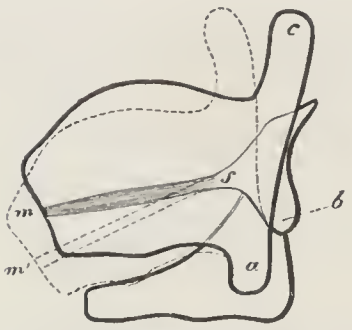



Fig. 25. Schematische Darstellung des beweglichen Gerüstes, welches die Knorpel des Kehlkopfes zusammensetzen. Seitenansicht.

*s m* die Stimmfalten oder Stimmbänder. Durch die im Gelenk *a* mögliche hebelförmige Bewegung des Schildknorpels nach abwärts (vgl. den punktirten Contour) wird, wie man sieht, die Entfernung zwischen den Befestigungspunkten der Stimmbänder vergrössert (vgl. *s m* mit *s m'*). Bei festgestelltem Gelenk *b* müssen die Stimmbänder unter diesen Umständen gedehnt und stärker gespannt werden.

Sie sehen, dass bei dieser Lage der Theile von jedem Giesskannenknorpel der stumpfe, gerade nach vorn vorspringende Fortsatz (*s*) horizontal nach der Mitte (*m*) der geknickten Innenfläche des Schildknorpels zielt.

Nun kommt aber die Hauptsache der Kehlkopfsanatomie!

Nachdem die erwähnte röhrentörmige Schleimhautauskleidung der Trachea durch den Ring- oder Grundknorpel in das Innere des Kehlkopfgerüstes gelangt ist, bildet sie jederseits eine vorspringende horizontale Falte, welche nach hinten an den stumpfen Fortsatz des Giessbeckenknorpels, nach vorn an den Mittelpunkt der geknickten Innenfläche des Schildknorpels anwächst. (Vgl. Fig. 26. *B*, welche einen in der Ebene der Stimmbänder quer durchschnittenen Kehlkopf darstellt. Man sieht von oben auf den Durchschnitt und erkennt, wie die rein präparirte Schleimhaut aus dem Ring des Grundknorpels emporsteigt und durch Festwachsen an den genannten

Punkten [$s$, $s'$ und $m$] in zwei parallele horizontale Falten ausgezogen wird.) So entstehen die beiden in einer horizontalen Ebene im Centrum des Kehlkopfes liegenden Stimmfalten oder Stimmbänder. Ich befestige in unserem Schema zwei weissgefärbte Kautschukbänder, welche uns die Stimmbänder repräsentiren sollen.

Zwischen ihren freien Innenrändern bleibt eine Längsspalte — die sogenannte Stimmritze übrig, deren Form und Weite von der Stellung der Giessbeckenknorpel abhängt, weshalb die Physiologen, nach Prof. *Ludwig*'s Vorgang, für den abgeschmackten anatomischen Namen „Giessbeckenknorpel" den Namen „Stellknorpel" gebrauchen.

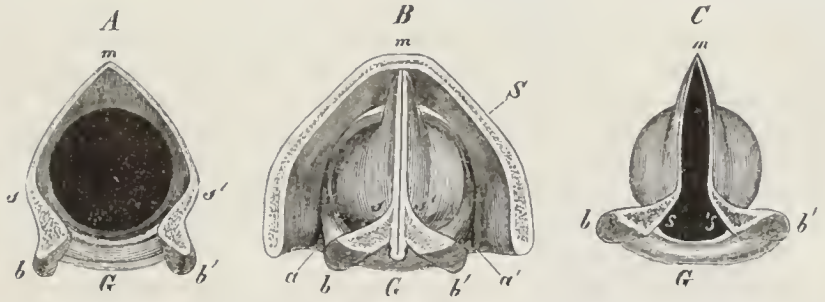



Fig. 26. Drei in der Ebene der Stimmbänder quer durchschnittene Kehlköpfe, um die drei Hauptformen der Stimmritze zu zeigen, welche durch die verschiedene Stellung der Giessbeckenknorpel bedingt werden.

$b$, $b'$ die Gelenkfortsätze der im horizontalen Durchschnitt dreieckig erscheinenden Giessbeckenknorpel. Sie sitzen frei beweglich auf dem oberen Rande des Grundknorpels ($G$) auf. $s$, $s'$ die Stimmfortsätze, an welche die Stimmbänder nach hinten angewachsen sind; $m$, der Mittelpunkt der gekniekten Innenfläche des Schild- oder Spannknorpels, wo sich die Stimmbänder nach vorn befestigen. Bei $A$ grösste Weite der Stimmritze. Bei $B$ die Ränder der Stimmritze in Berührung. $S$ hufeisenförmiger Durchschnitt des Schildknorpels; $a$, $a'$ die Gelenkverbindung zwischen den unteren Hörnern des Schildknorpels und den Seitentheilen des Grundknorpels $G$. Bei $A$ und $C$ sind diese Theile der Einfachheit wegen weggelassen, sind aber in Gedanken leicht zu ergänzen. Bei $C$, eigenthümliche Form der Stimmritze, welche entsteht, wenn sich die Stellknorpel von einander entfernen und zugleich mit ihren Stimmfortsätzen $s$, $s'$ nach einwärts kehren.

Auf dieser Tafel (vgl. Fig. 26) habe ich Ihnen die wichtigsten Formen und Gestalten abgebildet, welche die Stimmritze durch die variablen Positionen der Stellknorpel anzunehmen im Stande ist.

Auch der Schildknorpel hat statt seines, allerdings weniger sinnlosen anatomischen Namens einen besseren physiologischen bekommen — nämlich „Spannknorpel", weil in der That die Spannung der Stimmbänder bei feststehend gedachten Stellknorpeln von den hebelförmigen Bewegungen des Schildknorpels abhängt.

Bei der Senkung desselben nach vorn wird, wie Sie sehen (vgl. Fig. 25 *s m* und *s m'*), die Entfernung zwischen dem Mittelpunkt seiner geknickten Innenfläche und den Stimmfortsätzen der Stellknorpel grösser — und die zwischen diesen Anheftungspunkten fixirten elastischen Stimmbänder müssen sich nothwendig stärker spannen und verlängern.

Das Umgekehrte geschieht natürlich bei Hebung des Schildknorpels. — So wunderbar einfach und unscheinbar ist also die Vorrichtung, welche die Stimme eigentlich erzeugt. Zwei elastische Schleimhautfalten zwischen beweglichen Knorpelstücken befestigt, die sich entweder berühren oder eine engere oder weitere Spalte begrenzen und in verschiedenem Grade gespannt werden können — weiter nichts!

Ja, muss sich der Uneingeweihte nicht mit Staunen die Frage vorlegen: ist dies wirklich Alles? und: wie kann diese Vorrichtung überhaupt hörbare, akustische Phänomene hervorbringen — geschweige denn die Fülle der Stimmeffecte, deren wir fähig sind?

Auf die Frage, wie diese Vorrichtung überhaupt akustische Phänomene hervorbringen kann, will ich sogleich antworten. —

Solange die Stimmritze im Verhältniss zur Mächtigkeit des Ausathmungsluftstroms weit genug offen steht, dass die bewegte Luftmasse ohne erhebliche Friction oder Reibung durch dieselbe hindurchfliessen kann, bleibt auch in der That Alles still. So wie aber die Stimmritze in irgend einer Form so weit verengt wird, dass die durch dieselbe hindurchgetriebenen Luftmassen sich drängen und reiben müssen, um durchzukommen, so gerathen dieselben in wirbelnde Bewegungen oder unregelmässige Schwingungen — und es macht sich sofort ein leiseres oder lauteres blasendes Geräusch wahrnehmbar.

Sind endlich die Stimmbänder genügend gespannt, ihre freien Ränder einander zugleich hinreichend oder bis zur gegenseitigen Berührung genähert, so drängt sie der aus der Windlade oder Trachea mächtig herandringende Luftstrom empor — und zugleich aus einander, die Stimmritze wird geöffnet, wenn sie geschlossen, weiter, wenn sie ursprünglich offen war; Luft entweicht also

plötzlich in grösserer Menge; damit nimmt aber auch die Spannung der Luft in der Trachea plötzlich ab, und die Stimmbänder schnellen elastisch in ihre frühere Stellung zurück; infolge dessen muss die Luftspannung in der Trachea sofort wieder steigen und der beschriebene Bewegungsvorgang beginnt immer wieder von neuem — und so gerathen die Stimmbänder unter diesen Umständen in anhaltende periodische Schwingungen, durch welche die Luftsäule in regelmässige verdichtete und verdünnte Abschnitte zerschnitten, oder mit anderen Worten in Schallwellen versetzt wird, welche sich, wie ich im vorigen Jahre auseinandersetzte, durch den Luftraum fortpflanzen und infolge ihrer Regelmässigkeit, die Empfindung eines Klanges im Ohr hervorrufen.

So also entsteht die lauttönende Stimme im Kehlkopf.

Eine akustische Vorrichtung, in welcher ein Klang auf die beschriebene Art hervorgebracht wird — gleichgültig ob die durch den Luftstrom in Schwingungen versetzten Platten aus dünnem Metall oder, wie hier, aus elastischen Häutchen oder Bändern bestehen — nennt man in der Physik eine Zungenpfeife.

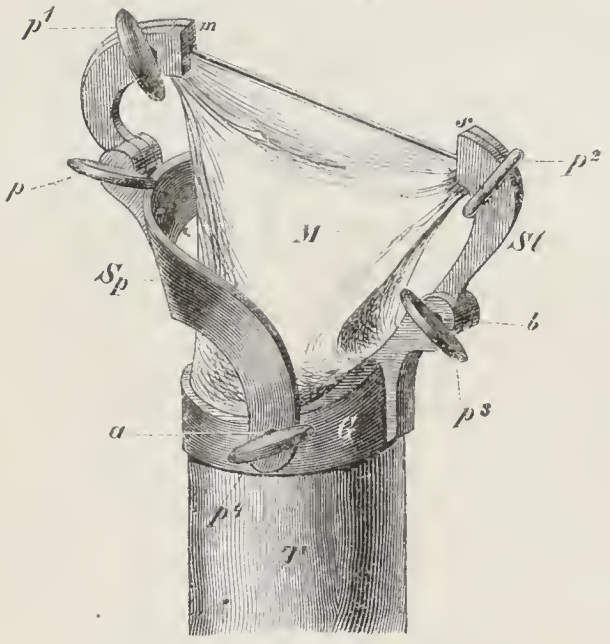



Fig. 27. Künstlicher Kehlkopf.

*T* eine Röhre von Holz, welche der Trachea entsprieht. Der Messingring *G* repräsentirt den Grundknorpel des Kehlkopfes; mit seinen Seitentheilen artieulirt der Messingbügel *Sp*, welcher wie der Spannknorpel des Kehlkopfes hebelförmig um die Axe *a* gedreht werden kann. Er trägt die Klemme *m*. *St* ein den Stellknorpeln des Kehlkopfes entsprechendes Messingstück, das in die Klemme *s* ausgeht und um die Axe *b* beweglich ist. *M* eine röhrenförmige Kautsehukmembran, welehe wie die Kehlkopfsehleimhaut zwischen den Punkten *s* und *m* in Form zweier eine feine Spalte (Stimmritze) begränzenden Bänder oder Falten ausgespannt ist. *p*, $p^1$, $p^2$, $p^3$, $p^4$ Stahlschrauben zum Feststellen der beweglichen Messingstücke.

Unser Kehlkopf ist somit, physikalisch definirt, eine Zungenpfeife mit zwei membranösen oder häutigen Zungen.

Ich zeige Ihnen hier zur Erläuterung einen künstlich nachgebildeten Kehlkopf (Fig. 27).

Das Knorpelgerüst ist durch beweglich verbundene Messingstückchen nachgeahmt — die Schleimhaut aber durch eine röhrenförmige Kautschukmembran, die vorn und hinten zwischen den Messingstücken eingeklemmt ist, so dass sie zwei Falten oder Ränder bildet, welche wie die Stimmbänder eine Längsspalte begrenzen. Das Ganze sitzt auf einer Trachea von Holz.

Ich stecke den Apparat auf ein Blasrohr, treibe Luft durch — und ein nicht unangenehmer, stimmähnlicher Ton schlägt an unser Ohr.

Könnten Sie, wie ich, aus der Nähe zusehen, so würden Sie an den Kautschukbändern genau denselben Vibrationsvorgang wahrnehmen, welchen ich Ihnen soeben als den der Stimmbildung im Kehlkopf beschrieb.

Aber noch mehr! — um Ihnen zu beweisen, dass der wirklichen Stimmbildung in der That nichts weiter zu Grunde liegt, als eben dieser grob-mechanische Bewegungsvorgang — ohne irgend welche Beimischung von vitalen oder mystischen Einflüssen der sogenannten Lebenskraft, so will ich jetzt einen wirklichen Kehlkopf, den ich aus einem menschlichen Leichnam herauspräparirt habe — zum Tönen bringen.

Es wird mir gelingen, einen Stimmton des Verstorbenen, dem dieser Kehlkopf angehörte, ohne alle Zauberei in diesem Saale wiedererklingen zu machen.

Ich stecke den Kehlkopf auf das Blasrohr und werde mich bemühen — während ich einen kräftigen Lufstrom hindurchtreibe — den Stimmbändern vermittelst einer Pincette solche Stellungen und Spannungen zu geben, welche sie zur Stimmbildung befähigen. Sie hören jetzt in der That verschiedene sehr vernehmliche und — zum Theil auch recht wohllautende Töne, denen Sie den Charakter der menschlichen Stimme nicht ganz absprechen werden, wenn Sie dem nicht gewöhnlichen Umstand billig Rechnung tragen, dass sie factisch der Kehlkopf eines — Verstorbenen gesungen hat!

Das Gelingen dieses interessanten Wiederbelebungs- oder Auferstehungsversuchs beweist aber nicht nur, dass der Stimmerzeugung jener beschriebene, grob-mechanische Bewegungsvorgang

wirklich und ausschliesslich zu Grunde liegt, sondern auch zugleich, dass die Stimmbänder allein das wesentliche tonerzeugende Gebilde des Kehlkopfes sind, denn dieser Leichenkehlkopf hat gesungen — obschon wir ihn seines ganzen Ansatzrohrs und selbst aller seiner übrigen Bestandtheile beraubt haben. —

Um die Anatomie des Kehlkopfes zu beenden, muss ich Sie noch kurz mit diesen übrigen Bestandtheilen bekannt machen. —

Unmittelbar über jedem der beiden Stimmbänder bildet die Schleimhaut eine taschenförmige Vertiefung oder Höhle, die sogenannte *Morgagni*'sche Kehlkopfstasche, welche nach oben durch eine horizontale mit dem Stimmband parallel laufende Schleimhautfalte, das sogenannte Taschenband, begrenzt wird.

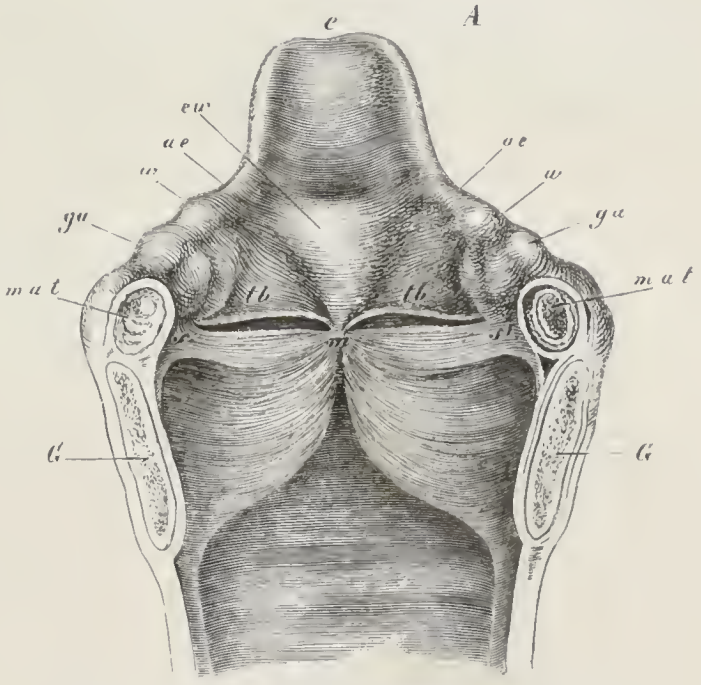



Fig. 28 *A*. Kehlkopf hinten aufgeschnitten und auseinandergelegt.

*G, G,* Durchschnitt der Siegelringplatte des Grundknorpels. *m . a . t .* Durchschnitt des Muskels, welcher quer von einem Stellknorpel zum andern geht und beide einander nähert. *ga* wulstige Hervorragung der Mündung des Kehlkopfes, in welcher die Spitze eines Stellknorpels steckt; *w* Wulst, welcher dem *Wrisberg*'schen Knorpelstäbchen entspricht. *ae* Schleimhautfalte, welche sich in den Seitenrand des Kehldeckels *e* fortsetzt; *ew* Kehldeckelwulst; *s* und *s'* die Stimmfortsätze der Stellknorpel im Anfangstheil der beiden Stimmbänder *sm* und *s'm*. *tb* die Taschenbänder. Der dunkle Spalt zwischen ihnen und den Stimmbändern ist der Eingang in die rechte und in die linke *Morgagni*'sche Kehlkopfstasche.

Sie sehen diese Gebilde hier an einem halbirten und an einem von hinten geöffneten Kehlkopf, noch besser an dieser vorderen Hälfte eines von rechts nach links geführten Durchschnitts (vgl. Fig. 28, *A*, *B*, *C* a. flg. S.).

Oberhalb der Taschenbänder erweitert sich der Kehlkopfsraum und mündet in den Pharynx aus.

Diese Mündung wird durch eine kreisförmig in sich selbst

zurücklaufende Schleimhautfalte gebildet, welche ein kurzes schräg von vorn und oben, nach hinten und unten abgestutztes kurzes Rohr darstellt, das durch mehrere Knorpelstücke gestützt und gesteift wird.

Sie sehen die röhrenförmige Kehlkopfsmündung auf diesem Bilde (Fig. 21) in den von hinten aufgeschnittenen Pharynx hineinragen. Die Stützknorpel, welche dieselbe klaffend erhalten, sind durch den Schleimhautüberzug hindurch kenntlich (vgl. Fig. 28 *A*); nach hinten die beiden Stellknorpel, deren Spitzen noch zwei kleine gebogene Knorpelchen — die sogenannten *Santorini*'schen Hörner — tragen; nach aussen von diesen jederseits ein senkrecht stehendes Knorpelstäbchen — der oft fehlende *Wrisberg*'sche Knorpel — nach vorn endlich eine blattförmige dünne Faserknorpelplatte — der Kehldeckel — der mit seinem verjüngten Stiel bis gegen den vorderen Ansatzpunkt der Taschen- und Stimmbänder herabreicht, wie Sie am besten an dem von hinten geöffneten und an dem querdurchschnittenen Kehlkopf sehen können (vgl. Fig. 28 *A*, Fig. 28 *C*).

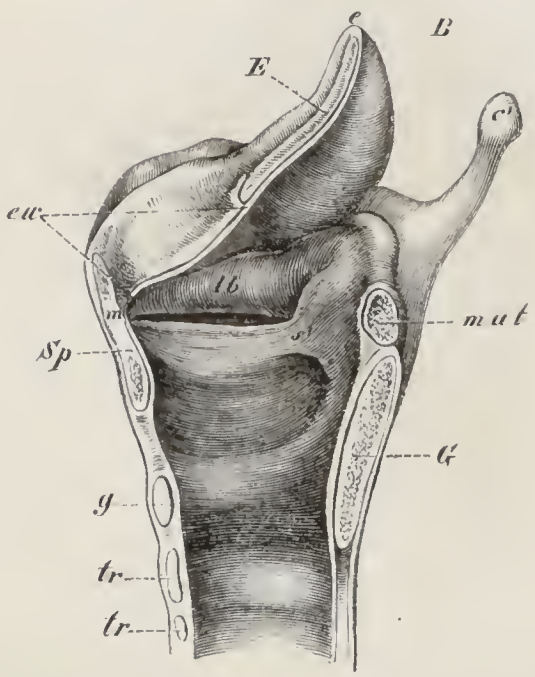



Fig. 28 *B*. Rechte Hälfte eines halbirten Kehlkopfes von innen gesehen.

*E* Durchschnitt des Kehldeckelknorpels; *Sp* Durchschnitt des Spannknorpels; *c'* das rechte obere Horn desselben; *g* Durchschnitt des vorderen niedrigen Theils des Grundknorpels; *tr*, *tr* Durchschnitte der beiden ersten Knorpelhalbringe der Luftröhre. Die übrigen Buchstabenzeichen wie bei *A*.

Der Kehldeckel kann durch besondere Muskeln niedergezogen werden und dient zum Verschluss der Kehlkopfsmündung, wozu sich besonders der Wulst desselben (*c w*) eignet, welcher, wie ich zuerst zeigte, auf die geschlossenen Stimm- und Taschenbänder gepresst wird und wie der Schlussstein eines Gewölbes in die Kehlkopfmündung passt. Ueber den niedergezogenen Kehldeckel gleiten die zu verschluckenden Speisen und flüssigen Nahrungsmittel in die hinter dem Kehlkopf gelegene Speiseröhrenmündung.

Schliesst er nicht genau, so dringen Theile der Speisen und Getränke leicht ins Innere des Kehlkopfes und erzeugen oft die heftigsten Husten- und Erstickungsanfälle; — man sagt dann, es sei Einem etwas in die „unrechte Kehle“ gekommen.

So hat uns denn die Betrachtung der Kehlkopfsmündung in den Pharynx geführt, welcher mit seinem Doppelende — der Mund- und Nasenhöhle, das Ansatzrohr der Kehlkopfspfeife bildet. Beschliessen wir unsere anatomisch-physiologische Uebersicht mit der Betrachtung dieses Ansatzrohrs. — Mit der Beschreibung der starrwandigen Nasenhöhle und der Mundtheile, wie Lippen, Zunge, Zähne und Wangen, brauche ich Sie nicht weiter zu behelligen, da sie Ihnen hinreichend bekannt sind; — dagegen muss ich noch, um mein heutiges Thema zu erschöpfen, im Allgemeinen hervorheben, dass das Ansatzrohr der Kehlkopfspfeife, in Folge der an ihm möglichen willkürlichen Bewegungen und Gestaltveränderungen, die doppelte akustische Bedeutung besitzt:

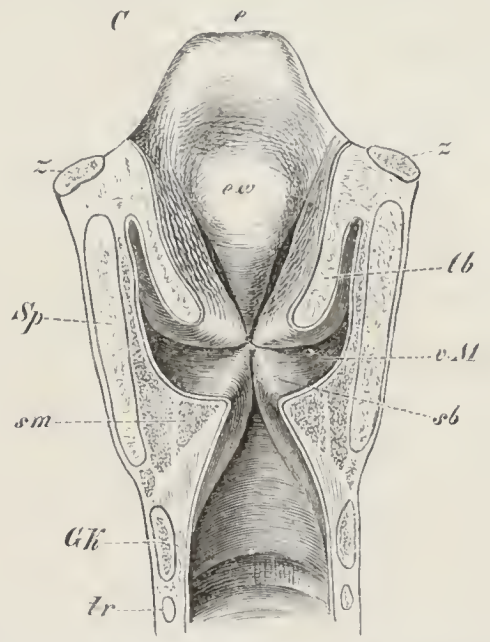



Fig. 28 *C*. Vordere Hälfte eines von rechts nach links durchschnittenen Kehlkopfes von innen.

*Z*, *Z'* Durchschnitt der beiden Aeste des hufeisenförmigen Zungenbeins. *Gk* Durchschnitt der Seitentheile des Grundknorpels. *sb* die Stimmbänder, *v. M.* Durchschnitt der *Morgagni*'schen Kehlkopfstasche; *tb* Taschenband im Durchschnitt; *sm* Durchschnitte der Muskelbündel, die in den Stimmbändern von vorn nach hinten laufen.

Erstlich die Stimme, die, wie Sie sahen, ausschliesslich in der Stimmritze entsteht, in verschiedener und eigenthümlicher Weise, z. B. durch Resonanz, zu verändern. —

Zweitens aber besondere, hörbare Schallphänomene von grosser Mannichfaltigkeit selbständig zu erzeugen.

Mit Bezug auf diese zweifache akustische Leistungsfähigkeit des Ansatzrohrs ist Folgendes zu wissen wichtig und nothwendig:

1) Kann vermittelst des willkürlich beweglichen Gaumensegels

entweder die Nasenhöhle oder die Mundhöhle luftdicht vom Pharynx abgesperrt werden.

Das Erstere geschieht, wenn das Gaumensegel nach hinten und oben gehoben und gegen die hintere Rachenwand angedrückt wird, welche sich dabei verwulstet; das Letztere hingegen, wenn sich das Gaumensegel nach vorn und unten senkt und an den Zungengrund innig anschmiegt.

Bei mittlerer Stellung des Gaumensegels — oder der Gaumenklappe (denn diesen Namen verdient dies wichtige Gebilde) communiciren Mund- und Nasenhöhle gleichzeitig mit dem Pharynx.

Dies Alles kann ich Ihnen nun an unserer grossen Durchschnittszeichnung (vgl. Fig. 20) zeigen, an welcher ich, wie Sie sehen, die Gaumenklappe als bewegliches Versatzstück eingerichtet habe.

2) Ist es möglich, sowol das Pharynxrohr als die Mundhöhle an verschiedenen Stellen local zu erweitern oder zu verengern, ja ganz hermetisch zu verschliessen. Bei der Nasenhöhle ist dies — abgesehen von dem Abschluss des Nasenrachenraumes durch die Gaumenklappe nicht möglich, denn sie besitzt steife, theils knöcherne, theils knorpelige Wandungen, und selbst die Nasenlöcher können nur unbedeutend erweitert und verengert — niemals aber geschlossen werden.

3) Endlich gibt es in dem Ansatzrohr leichtbewegliche Gebilde, welche dem durchstreichenden Luftstrom in einer Weise ausgesetzt und entgegengestellt werden können, dass sie in lebhafte schallerzeugende Schwingungen gerathen.

Aus diesen vorläufigen und allgemeinen Mittheilungen können Sie entnehmen, dass das Ansatzrohr der Kehlkopfspfeife unser eigentlichstes und wesentlichstes Articulations- oder Sprachorgan ist.

Und so hätten wir denn die Schwelle jenes Abschnittes der Physiologie der Stimm- und Sprachorgane betreten, in welchem wir die Lösung der Räthsel und Geheimnisse der Bildung der einzelnen so mannichfaltigen Klänge und Geräusche erwarten dürfen, aus denen sich Gesang und Sprache zusammensetzen.

Mit dieser Aussicht auf das Endziel unserer wissenschaftlichen

Wanderung schliesse ich denn für heute, indem ich Sie so weit vorbereitet zu haben glaube, dass Sie meinem, am nächsten Mittwoch abzuhaltenden Schlussvortrag: über Wesen und Bildung der einzelnen Stimm- und Sprachlaute — mit Leichtigkeit zu folgen im Stande sein werden, um einen bleibenden Gewinn von unseren — hoffentlich nicht allzu ermüdenden wissenschaftlichen Unterhaltungen zu haben!

# Wesen und Bildung der Stimm- und Sprachlaute.

## Zweiter Vortrag,

gehalten den 3. März 1869.

(Mit 7 Holzschnitten.)

---

Hochgeehrte Anwesende!

Zunächst wollen Sie gestatten, dass ich den Inhalt meines vor acht Tagen abgehaltenen Vortrags in aller Kürze recapitulire.

Ich eröffnete meine Auseinandersetzung damit, dass ich das ganze Stimm- und Sprachorgan eingehend mit einer Orgel verglich, um durch diesen schlagenden und bis ins Detail ungezwungen durchführbaren Vergleich, den Mechanismus und die Spielart des Instruments, vermittelst welches wir singen und sprechen, im Allgemeinen verständlich zu machen.

Sodann demonstrirte ich an kolossalen bildlichen Darstellungen, welche Sie zum Theil auch heute wieder vor sich sehen, und plastischen Nachbildungen den Zusammenhang, den genaueren anatomischen Bau, sowie die physiologische Beweglichkeit und die akustische Bedeutung der einzelnen Bestandtheile. Ich habe den beweglichen Brustkasten mit den Lungen — als den Blasbalg der Stimm- und Sprachorgel dargestellt; die Luftröhre mit ihren beiden Lungenästen und Bronchialverzweigungen aber als die sogenannte Windlade, oder den stets offenen Leitungsweg für den In- und Exspirationslufstrom.

Das bewegliche Knorpelskelett des Kehlkopfes mit den elastischen Stimmbändern habe ich vor Ihren Augen aufgebaut, und den Kehlkopf selbst als die einzige an unserer Stimm- und Sprachorgel vorhandene Zungenpfeife mit zwei membranösen Zungen physikalisch definirt.

Den Vorgang der Stimmbildung erklärte und zeigte ich durch Experimente am künstlichen und todten Kehlkopf, wobei die Stimme eines Verstorbenen in diesem Saale wiedererweckt wurde, und endlich schloss ich mit der Darstellung der zweifachen akustischen Bedeutung und Leistungsfähigkeit des beweglichen Ansatzrohrs der Kehlkopfspfeife — nämlich des in Mund- und Nasenhöhle ausgehenden Schlundes, als unseres eigentlichsten und wesentlichsten Articulations- oder Sprachorgans. Hierdurch eröffnete ich Ihnen einen Blick auf das Endziel unserer ganzen wissenschaftlichen Wanderung, als welches ich Ihnen die Gewinnung einer befriedigenden Einsicht in das Wesen und die Bildungsweise der einzelnen Stimm- und Sprachlaute hinstellte. —

Ich könnte nun sofort dieses unser heutiges Thema in Angriff nehmen, allein einen Gegenstand muss ich noch zur Sprache bringen, um Sie mit den Hülfsmitteln zum exacten Studium der Stimm- und Lautbildung — von denen ich Ihnen die lehrreichen Versuche am künstlichen und todten Kehlkopf bereits das vorige Mal vorführte — vollständig bekannt zu machen, damit Sie ein durch eigenes Urtheil begründetes Vertrauen zu den Resultaten unserer Wissenschaft gewinnen möchten!

Der Gegenstand, welchen ich meine, ist jene Methode der directen Untersuchung und Besichtigung des Kehlkopfs am lebenden Menschen, zu deren endlichen Begründung und allseitigen physiologischen sowie medicinisch-chirurgischen Verwerthung ich selbst, vor mehr als einem Decennium, den ersten erfolgreichen Anstoss gegeben, und für welche ich den seither allgemein gebräuchlichen Namen der „Laryngoskopie“ eingeführt habe. —

Da der Mund und der Schlund unter einem Winkel zusammen-

stossen und somit als Ganzes einen in der Gegend der Zungenwurzel geknickten röhrenförmigen Hohlraum darstellen, so ist es begreiflichermassen unmöglich, ohne Weiteres bis an das Ende des Schlundes oder gar in den Kehlkopf, oder durch denselben hindurch, in die Luftröhre zu blicken.

Man müsste sozusagen „um die Ecke“ zu sehen vermögen, um dies zu können.

Es ist aber in der That sehr leicht „um die Ecke“ zu sehen, jedoch nur vermittelst eines Spiegels, den man in geneigter Stellung bis über die hindernde Ecke hinaus vorschiebt.

In Holland ist es ganz allgemein in Gebrauch, aussen vor den Fenstern der Wohnungen Spiegel — sogenannte „Spione“ — in solcher Neigung und Stellung anzubringen, dass sie das Bild der Strasse zurückwerfen und somit einem im Zimmer sitzenden Beobachter erlauben, ohne dass er den Kopf zum Fenster hinausstecken müsste, von seinem bequemen Grossvaterstuhl aus zu sehen, was draussen vorgeht, oder wer etwa an der Hausthür läutet. Für unwillkommene Besuche ist dann der um die Ecke sehende, selbst aber unsichtbare Hausherr — ohne sich zu compromittiren — nicht daheim.

Das Beispiel von diesen praktischen „Spionen“ wird Ihnen sofort begreiflich gemacht haben, dass auch das Bild des so verborgenen Kehlkopfes in einem kleinen Spiegelchen, das durch den weitgeöffneten Mund unter einer Neigung von etwa 45° bis in die Gegend des weichen Gaumens gebracht worden wäre, nothwendig sichtbar werden müsste, wenn es nur in der Tiefe des Schlundes nicht dunkel wäre!

Dieses Hinderniss ist aber leicht zu beseitigen, indem man kräftiges Licht auf dasselbe Spiegelchen in der Richtung einfallen lässt, in welcher man hineinsieht.

Denn, da nach den bekannten Gesetzen der Zurückwerfung des Lichtes der Einfallswinkel stets gleich ist dem Reflexionswinkel, so werden unter diesen Umständen immer gerade jene Theile beleuchtet werden, deren Bilder das Spiegelchen ins Auge des Beobachters eben zurückwerfen muss. Diese Zeichnung (vgl.

Fig. 29) wird das Gesagte erläutern. Es sei $S$ ein geneigt gestelltes Glas- oder Metallspiegelchen. Ein in $A$ befindliches Auge wird den Gegenstand $B$ scheinbar hinter der Spiegelfläche bei $B'$ erblicken. Wäre nun der Gegenstand $B$ im Dunkeln, so würde, wie man bei Verfolgung der punktirten und ausgezogenen Linien leicht einsieht, Licht, welches in derselben Richtung auf den Spiegel $S$ geworfen würde (siehe die punktirten Linien), in welcher das Auge $A$ blickt (siehe die ausgezogenen Linien), gerade auf den Gegenstand $B$ reflectirt werden müssen, diesen beleuchten und dem Auge $A$ sichtbar machen, weil die Winkel, welche die einzelnen Lichtstrahlen mit den Einfallslothen $p$, $p^1$, $p^2$ machen, dieselben bleiben, gleichviel ob die Strahlen in der Richtung von $A$ nach $B$, oder von $B$ nach $A$ gehen.

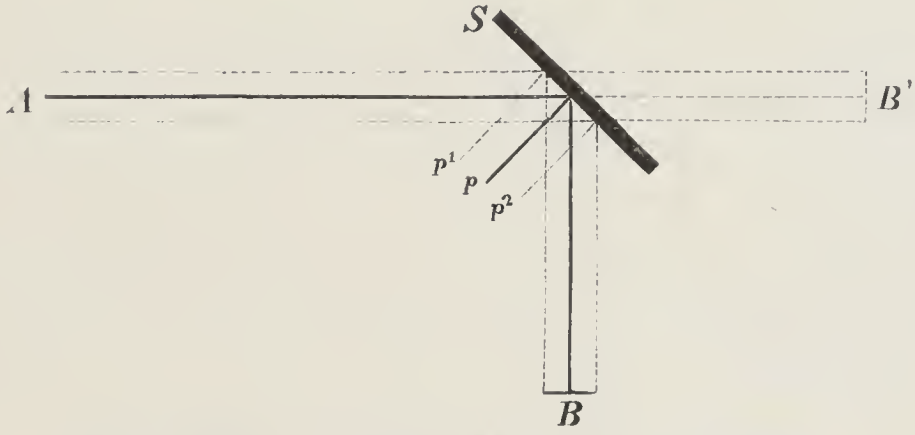



Fig. 29 dient zur Erläuterung des Gesetzes der Spiegelung.

$S$ ein Spiegelchen, $A$ das Auge, $B$ ein Gegenstand, $B'$ dessen scheinbarer Ort im Spiegelbild. $p$, $p^1$, $p^2$ die Einfallslothe der Lichtstrahlen (siehe die punktirten Linien) und der (ausgezogenen) Sehrichtungslinien.

Aber Sie werden vielleicht einwenden — und dieser Einwand ist sogar von gelehrter Seite gemacht worden! — „das eingeführte Glas- oder Metallspiegelchen muss sich ja vom Hauche beschlagen und trübe werden. Wie soll man damit deutlich sehen“?

Beruhigen Sie sich — die geringste Ueberlegung wird Ihnen sagen, dass eine Spiegelfläche in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre, wie der Athem es ist, vollkommen blank bleibt, wenn der Spiegel vorher etwas erwärmt worden ist; — nur der kalte Spiegel beschlägt sich mit condensirtem Wasserdampf.

Der Gedanke, das einfache Princip der Spiegelung zur Beleuchtung und Besichtigung des Kehlkopfes anzuwenden, liegt, wie Sie zugeben werden, in der That ausserordentlich nah — so nah, dass man sich nicht wundern kann, dass derselbe schon zu Anfang dieses Jahrhunderts, ja vielleicht noch früher wirklich gefasst und zu realisiren versucht wurde — zu verwundern scheint dabei im Gegentheil nur, dass dies nicht schon vor viel längerer Zeit geschehen ist, und dass die endliche erfolgreiche Ausführung und allseitige Verwerthung eines so einfachen Gedankens erst der Neuzeit angehört.

Diese Art von Verwunderung, welche uns — seit dem berühmten Ei des Columbus — einer scheinbar oder wirklich einfachen Neuigkeit gegenüber, nur zu leicht überkommt, wird jedoch bedeutend abgeschwächt, wenn man erfährt, welche Schwierigkeiten und Zweifel wir Alle zu überwinden fanden, die wir uns zuerst, und ohne Anleitung mit der Ausführung eines so nahe liegenden Gedankens befassten.

Nachdem die überraschende Leistungsfähigkeit des Kehlkopfspiegels einmal aufgezeigt war und namentlich jetzt, wo die Laryngoskopie überall systematisch gelehrt und geübt wird, ist es freilich kaum mehr begreiflich, wie jene ersten Schwierigkeiten und Zweifel sich als so mächtig erweisen konnten, dass sie auch nicht einen einzigen meiner vielen Vorgänger — von *Babington* (1827), *Baumès* (1838), *Liston* (1840), *Warden* und *Avery* (1844) bis auf *Garcia* (1854) und *Türck* (1857) — dazu kommen liessen, den wahren Werth des Kehlkopfspiegels in seinem ganzen Umfange zu würdigen, und nicht eher zu ruhen, bis die Laryngoskopie fest begründet war.

Ja, der zuletzt genannte Arzt erklärte noch, meinen ersten Publicationen und Resultaten gegenüber, und recht eigentlich im Gegensatze zu den von mir vertretenen Ueberzeugungen, öffentlich — und liess es sogar drucken, „dass er weit entfernt sei, allzu sanguinische Hoffnungen von den Leistungen des Kehlkopfspiegels in der Praxis zu hegen". Hinterher freilich überzeugte auch er sich eines Besseren und wurde selbst ein eifriger Laryngoskopiker.

Vor dem Schicksal aller meiner Vorgänger *), das begonnene Unternehmen, eine neue Untersuchungsmethode zu begründen, erfolglos fallen gelassen zu haben, bewahrte mich aber ein doppelter Umstand.

Einmal verwendete ich von vorn herein einen grossen durchbohrten Hohlspiegel zur Beleuchtung, um die oben erörterte Bedingung leicht und bequem zu erfüllen — nämlich das Licht auf den eingeführten Kehlkopfspiegel immer in jener Richtung zu werfen, in welcher das Auge des Beobachters in den Spiegel hineinsieht; und um zugleich das Licht einer künstlichen Lichtquelle, z. B. einer einfachen Moderateurlampe hinreichend concentriren und zu den fraglichen Versuchen verwenden zu können. Erstlich also hatte ich mir eine bequeme und ausreichende künstliche Beleuchtung geschaffen, welche mich in den Stand setzte, ununterbrochen arbeiten zu können, ohne Sonnenlicht erwarten zu müssen, welches meine beiden zuletzt genannten Vorgänger absolut nicht entbehren zu können glaubten —, war ja Garcia, wie er selbst erzählt, gezwungen, wegen seiner Versuche für einige Zeit aus dem nebelreichen London nach dem sonnigeren Paris zu gehen!

Zweitens aber habe ich meine allerersten Kehlkopfspiegelversuche an mir selbst angestellt, um die Bedingungen kennen zu lernen, die sowol vom Beobachter, als vom Beobachteten für das Gelingen des Versuchs zu erfüllen sind, — und nur hierdurch habe ich jene gründliche Vertrautheit mit allen Seiten der Aufgabe und jene manuelle Geschicklichkeit alsbald erlangt, welche allein zur Erzielung endgültiger Beobachtungsresultate führen konnte.

Sie sehen hier den Apparat, welchen ich für diese Selbstbeobachtungen zusammenstellte und benutzte; er dient zugleich zur Demonstration (vgl. Fig. 30).

Bei den Versuchen an anderen Individuen liess ich das

*) Den einzigen, Garcia, muss ich insofern ausnehmen, als er sich des Kehlkopfspiegels nur zu einigen gelegentlichen Beobachtungen über Stimmbildung bediente, es aber gar nicht beabsichtigt und unternommen hatte, eine neue, allgemein verwendbare Untersuchungsmethode zu begründen.

Stativ ($S$) des Apparats und den Gegenspiegel ($G$) weg und fixirte den grossen Beleuchtungsreflector vor den Augen mit der

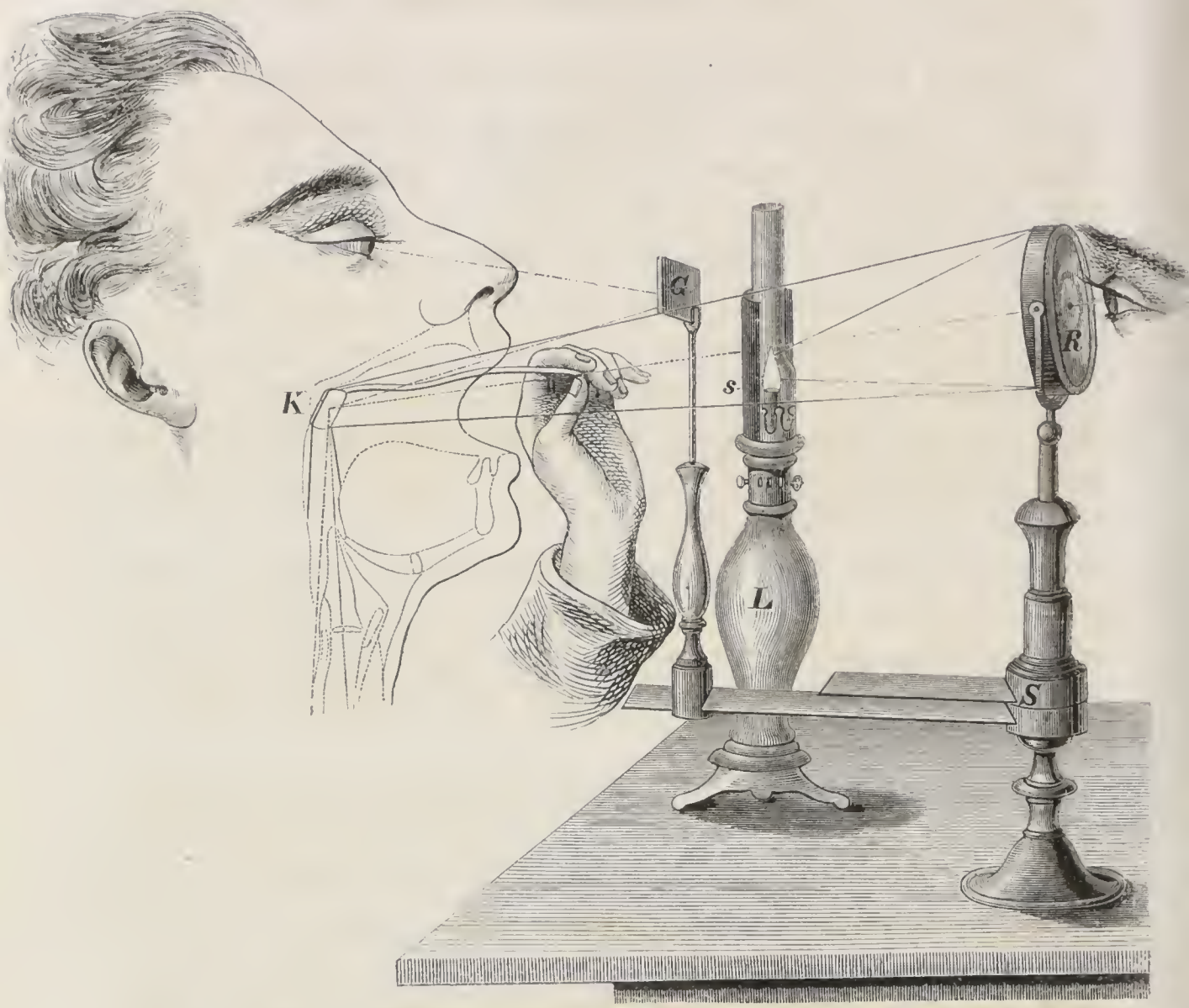



Fig. 30. Der Apparat zur laryngoskopischen Selbstbeobachtung und Demonstration.

$L$ eine Lampe, deren Flamme (der halbcylindrische Schirm $s$ blendet sie vom Auge des Selbstbeobachters ab) einen Strahlenkegel auf den grossen Beleuchtungsreflector $R$ sendet; $R$ wirft den Strahlenkegel, concentrirt durch den weitgeöffneten Mund des Selbstbeobachters, auf den an seinem langen Stiel eingeführten Kehlkopfspiegel $K$, welcher, die auffallenden Strahlen reflectirend, einerseits den Schlund, den Kehlkopf und die Luftröhre erleuchtet, andererseits die Bilder der erleuchteten Theile wiederspiegelt. $G$ ist ein gewöhnlicher Planspiegel, der wie der concave Reflector $R$ auf dem Stativ $S$ befestigt ist. Dieser Gegenspiegel, $G$, dient dem Selbstbeobachter dazu, seinen eigenen Kehlkopf zu sehen, wie sich aus der Verfolgung der mit —.—.—. gezeichneten Sehlinie desselben leicht ergibt. Eine oder mehrere Personen, welche durch die centrale Oeffnung des Reflectors, oder knapp am Rande desselben vorbei, in der Richtung der einfach punktirten Linie blicken, können den Kehlkopf gleichfalls sehen — und so dient der Apparat auch zur Demonstration.

linken Hand, später mit einem Stirnband oder einem zwischen den Zähnen gehaltenen Stiel.

Auf der folgenden Tafel (vgl. Fig. 31) habe ich dieses Verfahren zur Untersuchung Anderer skizzirt. Es bedarf dieses Bild wol keiner besonderen Erklärung, nur das Eine will ich bemerken, dass man sich vorzustellen hat, es falle directes Sonnen-

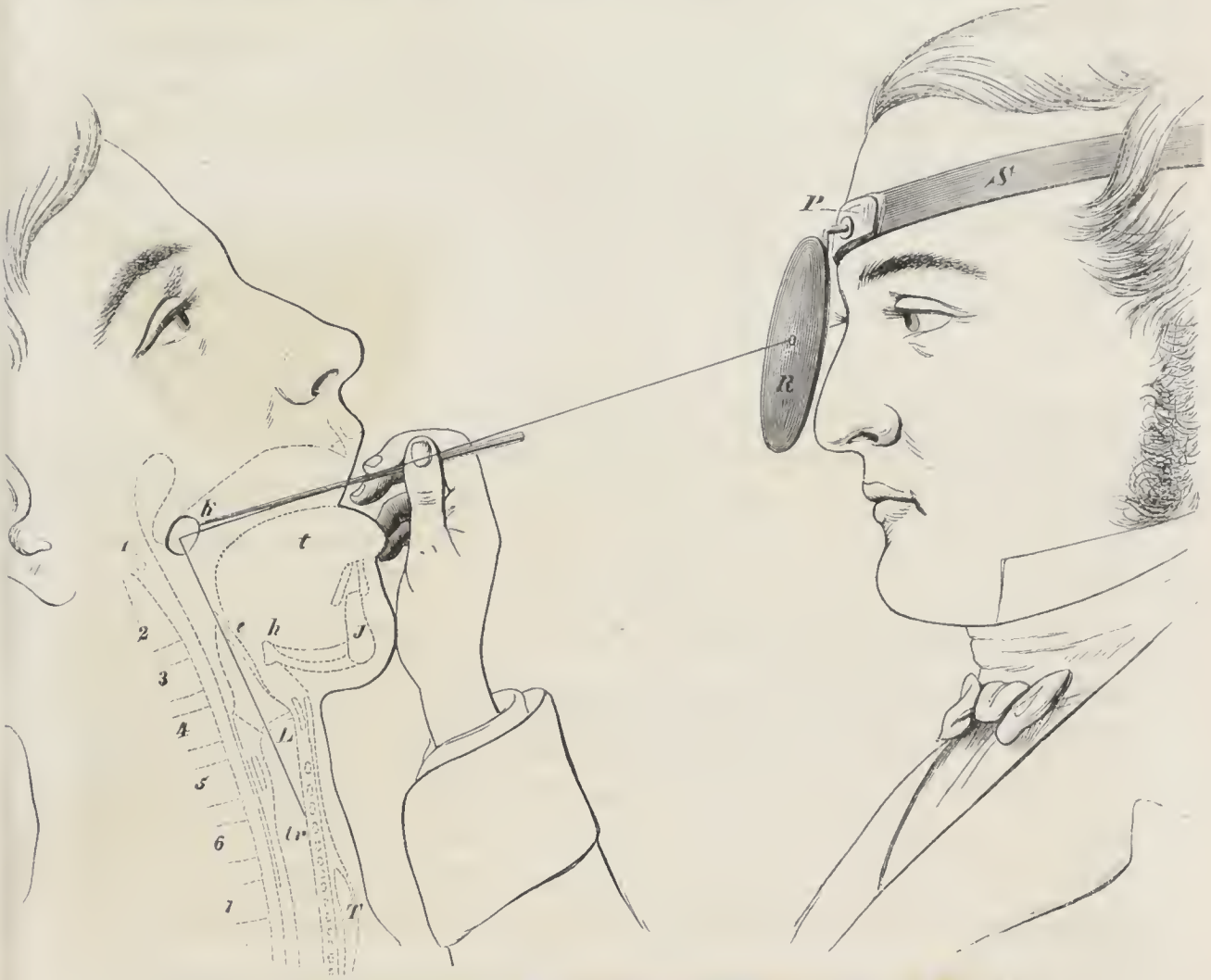



Fig. 31. Zur Erläuterung der laryngoskopischen Untersuchungsmethode.

*S* Stirnband mit Pelotte *P*, an welcher der grosse Beleuchtungsreflector *R* vermittelst eines Nussgelenks befestigt ist. *K* das Kehlkopfspiegelchen. 1 bis 7 die sieben Halswirbel, *L* der Kehlkopf, *tr* die Luftröhre, *T* die Schilddrüse, *e* Kehldeckel, *h* Zungenbein, *j* Unterkieferknochen, *t* die Zunge. Auf den Reflector *R* fällt directes Sonnenlicht oder das Licht einer künstlichen Lichtquelle. Die ausgezogene am Kehlkopfspiegel geknickte Linie zeigt in welcher Richtung das Licht auf den Kehlkopfspiegel fällt und von ihm zurückgeworfen wird. In derselben Richtung blickt auch der Beobachter.

oder Lampenlicht auf den an dem Stirnbande in richtiger Neigung eingestellten durchbohrten Reflector. —

Schon im Frühjahr 1858 war ich mit meinen Versuchen so weit gekommen, dass ich mit einer kurzen, aber energischen Schilderung der Leistungsfähigkeit des stets erfolglos beiseite

gelegten Kehlkopfspiegels öffentlich auftrat — war es mir doch schon damals gelungen, an mir selbst zu zeigen, dass es möglich ist, mit dem Kehlkopfspiegel nicht nur den Kehlkopf und die oberen Luftröhrenringe, sondern bis ans Ende der Luftröhre, ja sogar in die Anfänge ihrer beiden Lungenäste oder Bronchien zu sehen.

Ich reproducire hier das laryngoskopische Bild der Theilungsstelle der Luftröhre, welches ich damals zeichnen liess. Man sieht durch die weitgeöffnete Stimmritze die ganze Luftröhre entlang bis auf ihre Theilungsstelle oder Bifurcation und auf die Anfänge der Bronchien hinab (vgl. Fig. 32).

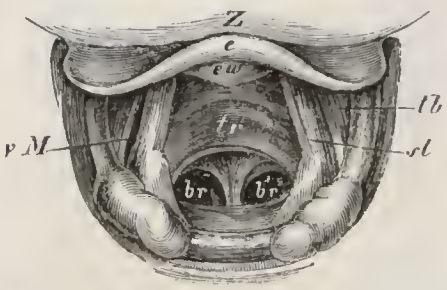



Fig. 32. Laryngoskopisches Bild des Kehlkopfes, der Luftröhre und der Anfänge der Lungenäste derselben.

*Z* der Zungengrund, *e* Rand des Kehldeckels, *ew* Epiglottiswulst, in der Verkürzung gesehen, *t b* Taschenbänder, *v M* Spaltöffnung der *Morgagni*schen Kehlkopftasche, *st* Stimmbänder, durch die nach aussen divergirend gestellten Stimmfortsätze der Stellknorpel soweit als möglich von einander entfernt; *tr* die Luftröhre, in welche man durch die weitgeöffnete Stimmritze bis an ihr Ende sehen kann, wo sie sich in den rechten und in den linken Lungenast oder Bronchus *br*, *b'r'* spaltet.

Bereits in meiner ersten Publication vom 27. März 1858 empfahl ich den Kehlkopfspiegel aufs dringendste zu allseitiger medicinisch-chirurgischer Verwerthung.

Dieser erste Impuls ist nicht erfolglos geblieben, denn er hat dem neuen Gebiet der Beobachtung sofort eine Anzahl verdienstvoller Bearbeiter gewonnen, von denen ich hier nur meinen Collegen Herrn Geh. Hofrath *Gerhardt*, damals noch in Tübingen, als einen der frühesten nennen will. —

Im Jahre 1859 begann ich in verschiedenen grösseren Städten des In- und Auslandes, wie Leipzig, Berlin, Breslau, dann später Paris, London, Dublin, Glasgow, Edinburgh, Amsterdam u. s. w. jene zahlreichen und vielbesuchten Vorträge und Demonstrationen zu halten, welche einen grossen Theil der medicinischen Welt von dem überraschend hartnäckigen Unglauben an den praktischen Werth der Laryngoskopie bekehrten, und so wesentlich zur weiten und beispiellos raschen Verbreitung und endlichen allgemeinen Anerkennung der Sache beitrugen.

Die wachgerufene Betheiligung zahlreicher Mitarbeiter vollendete alsbald die weitere Ausbildung der von mir begründeten Specialität, welche gegenwärtig das ganze Gebiet der Kehlkopf-

leiden umgestaltet hat, und selbst für die Erkennung und Behandlung anderer Krankheiten unentbehrlich geworden ist. —

Doch — verzeihen Sie m. h. A.! — ich bin da auf rein medicinisches Gebiet gerathen, das zu berühren gar nicht in meiner Absicht lag. Ich wollte Ihnen ja nur eine vollständige und klare Vorstellung von der Exactheit der Hülfsmittel zur Untersuchung der Stimm- und Lautbildung im Kehlkopf geben.

Wenn mich mein persönliches Interesse an der Laryngoskopie nun doch zu weiter gehenden Bemerkungen hinriss, so wird dies bei Billigdenkenden wol Entschuldigung finden — denn das unscheinbare Kehlkopfspiegelchen war sozusagen eine spröde Braut, von Vielen gekannt und umworben, — ich aber habe sie heimgeführt! —

Wenden wir uns denn sofort zum eigentlichen Thema meines heutigen Vortrags und untersuchen wir — ausgerüstet mit den erörterten Hülfsmitteln der Beobachtung —

## I. die Stimme

nach allen Seiten ihres Wesens und ihrer Erscheinung.

Die Stimme ist entweder tönend, wie beim Singen und beim lauten Reden, — oder sie ist tonlos, ein blosses Geräusch, wie beim flüsternden Sprechen.

Was die Erzeugung der Flüsterstimme angeht, so habe ich durch directe laryngoskopische Beobachtungen gezeigt, dass sich dabei die Ränder der Stimmbänder einander nähern, indem sie zugleich die mehr oder weniger stark nach innen gedrehten Stimmfortsätze einen stumpf vorspringenden Winkel bilden (vgl. Fig. 26 *C*). In dieser „Enge“ reibt sich nun der mit Absicht kräftiger durchgetriebene Luftstrom und es entsteht daselbst ein Geräusch, welches eben die Flüsterstimme ist.

Von dem lauten Stimmton habe ich bereits im ersten Vortrag angegeben, dass zu seiner Erzeugung überhaupt eine gewisse Spannung und Stellung der Stimmbänder und eine gewisse Stärke des anblasenden Luftstroms erforderlich ist; — ich schulde Ihnen aber noch die Erklärung der unterschiedlichen Eigenschaften, welche an der Stimme und ihren Tönen wahrzunehmen sind; die

Erklärung nämlich ihrer Stärke, ihrer musikalischen Höhe, ihrer Klangfarbe, des Stimmumfangs und der Stimmlagen.

1) Die Stärke des Stimmtons hängt unter übrigens gleichen Umständen von der Grösse der Schwingungen ab, welche die Stimmbänder ausführen; mit der Mächtigkeit und Gewalt des anblasenden Lufstroms wächst die Grösse der Stimmbandexcursionen und damit die Stärke des erzeugten Tons.

Sehr lautes Singen und Sprechen strengt daher weit mehr an, als gewöhnliches. —

2) Die musikalische Höhe des Stimmtons ist, wie bekanntlich überhaupt jede Tonhöhe, nur abhängig von der absoluten Anzahl der in einer Secunde erfolgenden Schwingungen.

Die Stimmbänder schwingen aber, ganz ähnlich wie Saiten, um so häufiger und geben somit einen um so höheren Ton, je mehr sie gespannt sind und je mehr sie verkürzt werden. Der geringeren Stimmbandlängen wegen geben daher im allgemeinen die kleineren Kehlköpfe der Kinder und Frauen höhere Töne, als die grösseren der Männer.

*a*) Auf die Spannung der Stimmbänder hat Einfluss: die willkürlich veränderliche Entfernung der Spitzen der Stimmfortsätze der Stellknorpel, von der Mitte des Spann- oder Schildknorpels, zwischen welchen Punkten, wie Sie sahen, die Bänder festgewachsen sind, — und dann auch noch die Gewalt des Exspirationsluftstroms, der die Bänder beim Anblasen der Stimmritze mehr oder weniger stark nach oben wölbt und demgemäss um so stärker dehnen und spannen muss, je mächtiger er ist.

*b*) Die Länge, in der die Stimmbänder frei schwingen können, wird aber dadurch bestimmt und willkürlich verändert, dass wir im Stande sind, die Ränder der Stimmritze in verschiedener Ausdehnung fest gegeneinander zu pressen und hierdurch grössere oder kleinere Theile der Stimmbänder am Schwingen zu hindern. Dies geschieht, indem sich die Stimmfortsätze der Stellknorpel entweder nur hinten mit ihren Basen, oder in grösserer Ausdehnung, oder endlich in ihrer ganzen Länge bis zu den äussersten Spitzen innig miteinander berühren. Eine weitere Verkürzung der Stimmritze ist dann noch möglich durch theil-

weise Zusammenziehung jener Muskelfasern*), welche innerhalb der Stimmbänder verlaufen und bogenförmig gegen deren Rand ziehen.

Dass sich die Tonhöhe mit der Spannung und der Länge der Stimmbänder wirklich in der angegebenen Weise ändert, ist aus physikalischen Gründen a priori einleuchtend, kann aber auch sehr leicht durch die Versuche am künstlichen und todten Kehlkopf und durch directe laryngoskopische Besichtigung am lebenden Menschen nachgewiesen werden. Ich will Ihnen die Abhängigkeit der Tonhöhe von der Spannung und Länge der Stimmbänder an unserem künstlichen Kehlkopf (vgl. oben Fig. 27 p. 85) demonstriren. Ich blase den Apparat an. Sie hören einen Ton von bestimmter musikalischer Höhe. Sowie ich jetzt, ohne die Spannung der Kautschukstimmbänder zu verändern, die Länge, in der sie frei schwingen verändere, steigt oder fällt der Ton; ebenso, wie Sie deutlich wahrnehmen, wenn ich die Bänder mehr oder weniger dehne und anspanne, die Länge aber, in welcher sie frei schwingen, genau constant erhalte.

Einen interessanten Punkt muss ich, ehe ich weiter gehe, noch berühren. Durch stärkeres Anblasen machen die Stimmbänder nämlich nicht nur grössere Schwingungen, sondern sie werden auch stärker gespannt und schwingen rascher; bei vermehrter Exspirationsanstrengung muss sich also der Ton nicht nur verstärken, sondern auch erhöhen. Deshalb bringen wir die höchsten Töne nur *fortissimo* hervor. Ja, aus demselben Grunde wäre es den Sängern unmöglich, einen Ton von genau gleicher musikalischer Höhe mit an- und abschwellender Stärke zu singen, wenn sie nicht durch feine Compensation der Muskelkräfte am Kehlkopf gelernt hätten, die wachsende Spannung der Stimmbänder beim Anschwellenlassen des Tones durch entsprechende Verlängerung, die abnehmende Spannung beim Abschwellenlassen durch entsprechende Verkürzung der Stimmritze zu corrigiren.

3) Was endlich die verschiedene Klangfarbe oder den Timbre des Stimmtons betrifft, so liegt die Veranlassung hierzu entweder in der Resonanz des veränderlichen Ansatzrohrs — und davon

*) Vgl. Fig. 28, *C, sm*, Seite 89.

werde ich bei der Erklärung der Vocalbildung ausführlich sprechen — oder aber in einer verschiedenen Form der Stimmbandschwingungen, also in einer modificirten Art der Stimmerzeugung im Kehlkopf selbst.

Es gibt nämlich zwei Unterarten der Stimmerzeugung im Kehlkopf, oder — um musikalisch zu sprechen — zwei Stimmregister von verschiedener Klangfarbe.

Das eine Register gibt die Brststimme, das andere die Fistel oder Kopfstimme.

Die erste hat im Ganzen eine tiefere Lage als die letztere, doch sind mehrere Tonhöhen beiden gemeinschaftlich und können bald mit Brust-, bald mit Fistelstimme angegeben werden, wobei dann der eigenthümliche Unterschied der Klangfarbe beider Register besonders auffallend wird.

Die Erklärung der Fistelstimme liegt nun darin, dass bei ihrer Erzeugung die Ränder der Stimmbänder sowol, als die der Taschenbänder, weiter von einander abstehen, als für Brusttöne, womit die bekannte Erfahrung übereinstimmt, dass ein Fistelton mit dem gleichen Luftvorrath nicht so lange Zeit in derselben Stärke angeblasen werden kann, wie ein gewöhnlicher.

Zugleich ist es wahrscheinlich, dass beim Fistelton nur eine schmale Zone des freien Randes der Stimmbänder schwingt, während beim Brustton die Stimmbandränder in ihrer ganzen Breite und Dicke oder Höhe vibriren. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Registern macht sich noch dadurch geltend, dass bei der vollen gewöhnlichen Stimme — wie die aufgelegte Hand deutlich fühlt — die Luftröhre und die Brustwandungen in Erzitterungen gerathen, während bei der Falsetstimme Erzitterungen der Brust fehlen, dagegen aber in den schwingungsfähigen Theilen des Kopfes wahrgenommen werden, weshalb mit Recht letztere die Kopfstimme, erstere die Brststimme genannt wird.

4) Der Umfang der menschlichen Singstimme ist beträchtlichen individuellen Schwankungen unterworfen und beträgt gewöhnlich 1—2½ Octaven.

Bei bevorzugten Naturen vergrössert sich der Umfang um ½—1 Octave und mehr.

Die *Catalani* hatte z. B. $3^1/_2$ Octaven brauchbarer Singtöne in der Kehle.

Die männlichen, die weiblichen und die kindlichen Stimmen fangen, wegen der Verschiedenheit der Grösse der Kehlköpfe und der damit zusammenhängenden Länge der Stimmbänder an verschiedenen Stellen der Tonleiter an, und hören an verschiedenen Stellen auf.

5) Von dieser verschiedenen Begrenzung des Umfangs hängt die Stimmlage ab und auf ihr beruht die Eintheilung der Singstimmen in Baesse, Barytone, Alte, Tenore und Soprane. Die Strecke der Tonleiter vom $\overline{c}$ bis $\overline{f}$ kann von allen Stimmen gesungen werden, klingt aber dennoch etwas verschieden, je nachdem sie von einem Bass, Alt oder Sopran intonirt wird.

Der ganze musikalische Umfang des menschlichen Stimmorgans beträgt mindestens fünf Octaven, indem es Bassisten gibt, die — wie einst *Fischer*, der Vater — Contra-*F* schön und kräftig singen, während Soprane bis zum dreigestrichenen *f* hinaufgehen. —

6) Um das Kapitel von der Stimme abzuschliessen, will ich noch über den Wohllaut der Stimme sprechen, und Ihnen mittheilen, dass derselbe wesentlich einerseits von der Exactheit und Regelmässigkeit der Stimmbandschwingungen, andererseits von der Schönheit und dem Ebenmass der räumlichen Verhältnisse der resonirenden Gebilde, — des Brustkastens und des Ansatzrohrs abhängt.

Auch die Beschaffenheit des Muskel-, des Knochen- und des Knorpelgewebes, sowie der Schleimhautauskleidung der Luftwege ist von Einfluss auf die Kraft und den Schmelz der Singstimme.

Es ist damit wie mit dem Material und dem Bau der anderen musikalischen Instrumente — z. B. der Geigen von *Amati, Steiner* u. s. w. im Vergleich zu fabriksmässigen Jahrmarktsgeigen.

Der musiktolle Rath *Krespel* aus den Serapionsbrüdern hatte gut die Geigen zu zerlegen, um das Geheimniss ihres Wohllauts zu finden! Die Theile behielt er wol greifbar in der Hand — das Geheimniss aber liess sich nicht fassen; das steckte ungreifbar in dem harmonischen Aufbau der materiellen Atome zum Ganzen.

Uebrigens wird das Kennerauge — wie bei den alten Geigen, so bei den verschiedenen Stimmorganen — das bevorzugte Instrument sofort herausfinden.

Freilich gehört zur Geige noch der Künstler, der sie zu behandeln, ihr die klangvollen Töne zu entlocken versteht. Das Stimmorgan hingegen ist ein integrirender Theil der Individualität des Künstlers selbst und trägt das Gepräge seiner Schulung und Vorzüglichkeit an sich.

Ich habe Gelegenheit gehabt, einige hervorragende Sänger und Sängerinnen, wie den pariser Tenor *Roger*, den wiener Bassisten *Rokitansky* — ein wahres Stimmphänomen, — die weltberühmte *Unger-Sabatier* etc., laryngoskopisch zu untersuchen, und kann Sie versichern, dass ich mich fast getrauen möchte, mit dem Kehlkopfspiegel in der Hand, bei verstopften Ohren, zu ersehen, ob ich es mit dem Organ eines gebildeten Sängers zu thun habe oder nicht; — und das nur aus der Präcision und dem graciösen Schwung der Bewegungen der Stellknorpel, der Stimmbänder u. s. w. beim Singen, und aus der Schönheit und Harmonie der räumlichen Verhältnisse der Theile. —

Um Sie auch noch einen Blick auf den Revers der Medaille thun zu lassen, füge ich diesen Mittheilungen über die Bedingungen des Wohllauts der Stimme hinzu, dass die Stimme unschön, klanglos und heiser wird, ja endlich in ihr vollständiges Gegentheil, die Stimmlosigkeit oder Aphonie, umschlägt, wenn entweder die Stimmbänder durch Ungeschick oder Lähmung der Kehlkopfmuskeln, durch krankhafte Auswüchse und Auflagerungen oder Substanzverluste, durch Schwellung u. dgl. an der Bildung einer scharf begrenzten, gleichmässig elastischen Stimmritze, und an der Regelmässigkeit der Schwingungen gehindert werden; — oder wenn die räumlichen Verhältnisse und die Structur der resonirenden Höhlen und Gebilde ungünstig oder krankhaft verändert sind.

Die laryngoskopische Untersuchung — und darin liegt ihr unendlicher diagnostischer Werth — lässt nun erkennen, mit welcher Art von Stimmstörung man es zu thun hat, und welche Behandlung der Fall erfordert.

Vor Begründung der Laryngoskopie tappte man, oft zum

grössten Nachtheil der Leidenden, in vollständiger Finsterniss umher! —

Noch bemerke ich, das die Stimme — namentlich von Sängern, welche mehr darauf achten, — oft bereits an ihrem Schmelz und Wohlklang einzubüssen beginnt, wenn noch nicht die geringsten Spuren sichtbarer krankhafter Veränderungen an den Stimmorganen zu entdecken sind; es handelt sich dann um leise Störungen in der mikroskopischen oder gar in der innersten atomistischen Constitution der organischen Gebilde und Gewebselemente.

Sind die krankhaften Veränderungen bereits sichtbar, wenn auch scheinbar ganz unbedeutend, so können sie häufig schon eine bis zur Aphonie sich steigernde Stimmstörung bedingen, während dagegen manchmal trotz der auffallendsten und scheinbar störendsten Erkrankungen der Theile noch eine überraschend gute und klangvolle oder doch ausreichende Stimmbildung zu Stande kommt. Dies hängt immer davon ab, in wie weit durch die specielle Art und durch den Sitz der Erkrankung die Herstellung der bekannten wesentlichen Bedingungen der Stimmerzeugung beeinträchtigt wird. So viel von der Stimme. Ich komme nun an

## II. die Sprachlaute,

deren specielle Physiologie und Systematik uns zum Schlusse noch beschäftigen sollen.

Man kann bekanntlich laut oder flüsternd sprechen.

In letzterem Falle verwenden wir die bereits oben als Reibungsgeräusch in der verengten Stimmritze erkannte Flüsterstimme oder vox clandestina, immer und überall in genau derselben Weise wie den Stimmklang beim lauten Sprechen.

Es gibt nämlich eine Reihe von Sprachlauten, welche ohne Mitwirkung der Stimme, mag diese nun laut oder nur flüsternd sein, gar nicht, oder nur unvollkommen hervorgebracht werden können, während eine zweite Reihe von Lauten existirt, welche ganz ohne alle Betheiligung der stimmbildenden Kehlkopfsthätigkeit im Ansatzrohre von selbst anlauten.

Diese letzteren wahren Selbstlaute entsprechen jedoch keineswegs den gewöhnlich als „Selbstlaute“ bezeichneten Vocalen, sondern vielmehr gerade jenem Theile der sogenannten Mitlaute oder Consonanten, die man recht eigentlich, aber fälschlich, als typische, an und für sich (d. h. ohne Vocale), beinahe unaussprechliche Consonanten zu betrachten pflegt.

Ich theile die Sprachlaute, wie Sie bemerken, ebenfalls in Selbstlaute und in Mitlaute, aber ich verstehe unter den ersteren wie gesagt nur jene Hälfte der sonst sogenannten Mitlaute oder Consonanten, bei deren Erzeugung die geflüsterte und laute Stimme gar nicht mitlautet, oder doch nicht nothwendig mitlauten muss, unter den letzteren dagegen die Vocale und die andere Hälfte der sogenannten Consonanten, deren Bildung, wie die der Vocale, ohne die Betheiligung der lauten oder geflüsterten Stimme nicht zu Stande gebracht werden kann.

Ich nenne also Mitlaute jene Sprachlaute, bei deren Bildung die durch die Vorgänge und Veränderung im Ansatzrohr erzeugten akustischen Phänomene*) und die Stimme, gleichgültig ob tonlos geflüstert oder tönend, miteinander lauten müssen; Selbstlaute aber jene, welche ausschliesslich im Ansatzrohr erzeugt — ohne alle Stimmbildung selbständig lauten.

Die Rechtfertigung und Begründung dieser Begriffsbestimmungen — so paradox Ihnen dieselben dem Sprachgebrauch gegenüber für jetzt auch erscheinen mögen, wird sich im Verlaufe meiner Darstellung von selbst ergeben (vgl. die Tabelle der Sprachlaute am Schlusse des Vortrags, p. 123).

Ich beginne mit der Erklärung des einfachsten aller Sprachlaute, nämlich des *h* oder des spiritus asper der Griechen, die ihn jedoch bekanntlich nicht mit einem besonderen Buchstaben schrieben, sondern nur vermittelst eines kleinen Hülfszeichens über dem anlautenden Vocal andeuteten.

*) Mögen diesen akustischen Phänomenen nun selbständig erzeugte Geräusche (wie bei den Mediae) oder nur Resonanzschwingungen im Ansatzrohr (wie bei den Vocalen, welche nach obiger Begriffsbestimmung zu den Mitlautern zu rechnen sind), zu Grunde liegen.

### 1) Das h

ist keineswegs der blosse einfache Hauch, welchen der Exspirationsluftstrom durch den Anfall gegen die Wände des offenen Ansatzrohrs erzeugt.

Um den einfachen Hauch in ein *h* zu verwandeln, ist eine besondere Intention erforderlich, durch welche nicht nur der Exspirationsdruck verstärkt, der Mund weiter geöffnet, das Gaumensegel etwas gehoben und durch Näherung seiner Bogen gespannt wird, sondern zugleich auch — und das ist, wie ich zuerst mit dem Kehlkopfspiegel zeigte, die Hauptsache — eine Verengerung der Stimmritze zu Stande kommt — genau in derselben Art und Weise, wie bei der Erzeugung der Flüsterstimme, mit welcher somit der *h*-Laut, abgesehen von den Veränderungen im Ansatzrohr, identisch ist.

Als weitere Bestätigung für diese laryngoskopisch nachgewiesene Identität führe ich an, dass ich einst einem Franzosen, dem, wie fast allen seinen Landsleuten, das Aussprechen unseres *h* nicht gelingen wollte, den Rath gab, beim Aussprechen eines mit *h* beginnenden deutschen Wortes so anzufangen, wie wenn er es mit Flüsterstimme sprechen wollte, und dann erst den vollen Vocalton folgen zu lassen.

Gleich beim ersten Versuch diesen Rath befolgend, gelang ihm nun zu seinem grössten Erstaunen das schwere Kunststück vollkommen, und in seiner freudigen Ueberraschung brach er wie Mr. *Jourdain* im *Bourgeois gentilhomme* in den Ausruf aus: mais — „*voilà* 40 *ans, que je suis prononcer l'h, sans le savoir!*“ —

### 2) Die Vocale —

die erste Gruppe von den Sprachlauten, die wir betrachten wollen — wurden erst durch *Helmholtz* in ihrem wahren Wesen erkannt und befriedigend erklärt.

So Verdienstliches auch früher schon über die Vocalbildung geleistet worden war, ein volles und gründliches Verständniss derselben konnte nicht eher erzielt werden, als bis das eigentliche Wesen der Klangfarbe oder des Timbres aufgeklärt war — wie

es endlich *Helmholtz* gelungen ist, denn — um es kurz zu sagen: die Vocale sind verschiedene Klangfarben der Stimme, hervorgebracht durch die Resonanz der für bestimmte Tonhöhen abgestimmten Mund- und Rachenhöhle.

Sie sehen hier eine hohle Messingkugel von bestimmten Dimensionen; sie schliesst Luft ein, welche nur durch eine kreisrunde Oeffnung mit der Atmosphäre zusammenhängt.

Hier habe ich eine Stimmgabel, ich fasse sie an ihrem Griff und schlage mit ihr kräftig auf einen an die Tischkante angenagelten Kork; — sie gibt einen Ton, welcher äusserst schwach ist, so dass ihn die wenigsten von Ihnen hören.

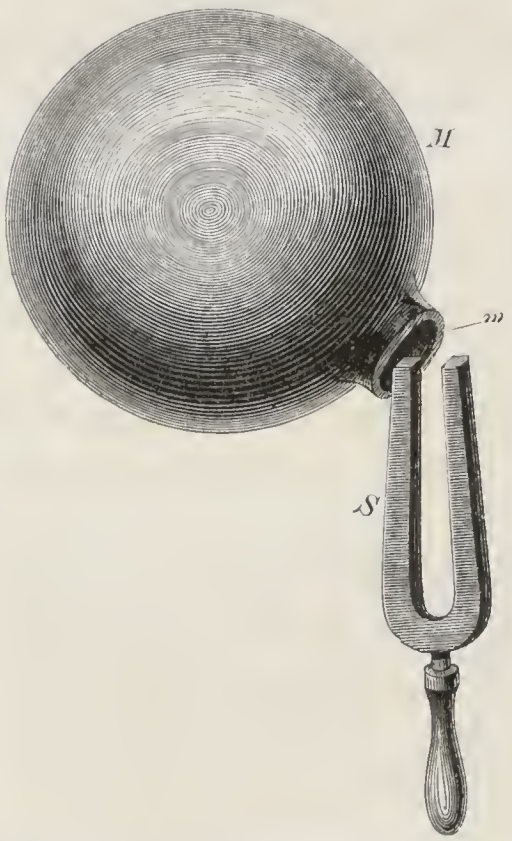



Fig. 33. *M* eine Hohlkugel von Messing mit einer runden Oeffnung *m*; *S* Stimmgabel mit Holzstiel.

Bemerken Sie aber wie der Ton anschwillt und im ganzen Saale hörbar wird, so oft ich die Oeffnung der messingenen Hohlkugel der Gabel nähere (vgl. Fig. 33).

Hier ist eine zweite Hohlkugel von gleicher Art — aber von ganz anderen Dimensionen als die erste.

Ich nähere ihre Oeffnung — wie vorhin — der schwingenden Stimmgabel. Aber siehe da, der Ton wird jetzt nicht verstärkt, um, wie vorhin, hörbar zu werden.

Warum gelingt nun der Versuch mit der ersten, nicht aber mit der zweiten Hohlkugel? Einfach darum, weil die erste Kugel auf den Ton der Stimmgabel genau abgestimmt ist und daher die in ihr enthaltene Luft in gleichwerthige Mitschwingungen gerathen kann, die in der zweiten Hohlkugel enthaltene Luft aber nicht, indem diese nicht auf den Stimmgabelton abgestimmt ist.

Dieser Versuch hat Ihnen gezeigt, dass lufthaltige Hohlräume von bestimmten Dimensionen für bestimmte Töne abgestimmt sind und diese durch Resonanz verstärken können.

Und wenn ich noch hinzufüge, dass es dabei durchaus nicht auf das Material der Wandungen ankommt, sondern wesentlich nur auf die Form und Grösse des Hohlraums im Verhältniss zu der Oeffnung desselben, so wird es klar sein, dass auch die Mundhöhle für verschiedene bestimmte Töne abgestimmt sein müsse, je nachdem sie selbst und ihre Oeffnung im Gesicht verschiedene Formen und Dimensionen annimmt — was durch die Bewegung des Unterkiefers und die Gestalt- und Stellungsveränderungen der Zunge, des Gaumensegels und der Lippen ermöglicht wird.

Da nun bekanntlich für jeden der Vocale *u*, *o*, *a*, *e*, *i* u. s. w. die Mundspalte sowol als die Mund- und Rachenhöhle andere und zwar immer constante Formen und Dimensionen annehmen, so kann es Sie nicht wundern zu erfahren, dass der sogenannte „Eigenton“ der Mundhöhle für jeden Vocal ein anderer und ein constanter ist.

Es hat *Helmholtz* diese für die einzelnen Vocale charakteristischen „Eigentöne“ des Ansatzrohrs musikalisch bestimmt.

Für *u* fand er das kleine *f*,
„ *o* das eingestrichene *b*'
„ *a* . . . . . *b*'''
„ *e* aber . . . . . *f*' und *b*'''
„ *ae* . . . . . *g*'' und *d*'''
„ *e* . . . . . *f* (?) und *d*''''
„ *oe* . . . . . *f*' und *g*'''—*as*'''
„ *ue* endlich . . . . . *f* und *g*'''—*as*'''

Bei den drei zuerst genannten Vocalen hat die Mundhöhle nur einen Eigenton, bei den übrigen aber zwei, indem das Ansatzrohr für diese letzteren die Form einer Art Flasche mit weitem Bauch und engem Hals annimmt — und Hals und Bauch jeder auf einen anderen Eigenton abgestimmt sind.

Die Stimme ist, wie Sie wissen, kein einfacher Ton, sondern ein Klang, d. h. eine Mischung aus einem Grundton und einer Reihe von sogenannten harmonischen Obertönen, welche gleichzeitig erklingen, für unser Ohr aber zu einer akustischen Einheit verschmelzen und von deren Stärke und Anzahl, wie ich im

vorigen Jahre zeigte, eben die Klangfarbe oder der Timbre abhängt (vgl. Seite 65 u. f.).

Wenn nun die Stimme in die Mundhöhle gelangt, so werden jene, und zwar nur jene Obertöne durch Resonanz (wie der Stimmgabelton durch unsere Hohlkugel) verstärkt, welche mit dem charakteristischen Eigenton der Mundhöhle zusammenstimmen.

Die Stimme muss daher stets eine bestimmte andere Klangfarbe annehmen, denn für jeden Vocal sind ja die Eigentöne der Mundhöhle andere, und somit werden immer andere Obertöne im Stimmklang verstärkt. Von der Art der Tonmischung hängt aber eben, wie gesagt, die Klangfarbe ab.

Darin liegt also das nunmehr aufgehellte Geheimniss der Vocalbildung. *Helmholtz* ist es gelungen, aus einfachen Stimmgabeltönen Klänge zusammenzusetzen, deren Färbung mit den Vocalen vollständig übereinstimmte. Er hat somit die Vocale künstlich erzeugt und durch diese Synthese die schlagende Probe auf die Richtigkeit seiner Erklärung der Vocale gemacht Im vorigen Jahre habe ich Ihnen einen Versuch*) zu Gehör gebracht, welcher dasselbe beweist, und den grossen Vortheil hat, Jedem zugänglich zu sein, dem ein Clavier zur Disposition steht. Sie erinnern sich, dass uns die Vocale, welche ich mit lauter Stimme gegen die Besaitung eines geöffneten Flügels rief, während die Dämpfung gehoben war, in ihrer specifischen Klangfarbe, wie beim Echo, aus dem Flügel zurücktönten. Indem die ins Clavier hineingerufenen Vocalklänge nur jene Saiten in stärkere oder schwächere Mitschwingungen versetzten, welche den stärkeren und schwächeren einfachen Tönen entsprechen, aus denen der Vocal zusammengemischt ist, konnte — wenn die gegebene Erklärung der Vocalbildung richtig ist — der Versuch auch kein anderes Resultat geben — und umgekehrt.

Bei der Flüstersprache entstehen die Vocale einfach durch Anblasen der Mundhöhle, indem sich der wachgerufene charakteristische Eigenton derselben dem Geräusche der Flüsterstimme beimischt.

Bei einiger Aufmerksamkeit, namentlich bei Vergleichung

*) Vgl. Seite 67 u. f.

mehrerer hintereinander geflüsterten Vocale lassen sich die constanten und charakteristischen Tonhöhen recht deutlich aus dem Geräusch heraushören.

Lässt man die geflüsterten Vocale — besonders *u* oder *ü* in lautes Mundpfeifen übergehen, indem man den wahrgenommenen Eigenton beim Pfeifen festhält, so kann man die Mundhöhle als eine Art natürlicher Stimmgabel brauchen, weil die vocalischen Eigentöne constante absolute Tonhöhe haben.

Sehr interessant ist noch, dass für denselben Vocal die charakteristischen Eigentöne bei Erwachsenen und Kindern, bei Männern und Frauen — trotz der verschiedenen Dimensionen der Mundtheile — auffallend übereinstimmen — vorausgesetzt, dass sie denselben Dialekt sprechen, während geringe dialektische Modificationen der Aussprache den Ton bedeutend verändern.

3) Die Diphthongen oder Doppelvocale

entstehen, indem man aus der Einstellung der Mundtheile für einen Vocal in die für einen anderen übergeht und während dieses Uebergangs die Stimme hören lässt.

Beim *ei* z. B. beginnt man mit einem reinen *a* und hört mit *i* auf, die charakteristische Klangfarbe des Diphthongen liegt nur in der Mitte des kurzen Vorgangs, weshalb man keinen Diphthong auf eine lange Note singen kann. Die Orthographie der Diphthongen ist meist unphysiologisch, denn wir schreiben z. B. *ei* und sprechen *ai*, wir schreiben *eu* und sprechen *aü* u. s. w., dagegen schreiben wir *ü*, *ö* und *ä* zuweilen wie Diphthongen *ue*, *oe* und *ae*, während es einfache Vocale sind.

Bei aller reinen Vocalbildung wird die Nasenhöhle durch das gehobene Gaumensegel verschlossen — und zwar habe ich durch Versuche gezeigt, dass die Innigkeit, mit welcher und die Höhe in welcher dieser Verschluss stattfindet für die verschiedenen Vocale verschieden ist.

Ich habe die Thatsachen über das verschiedene Verhalten der Nasenklappe beim Hervorbringen der einzelnen Vocale schon vor mehr als zehn Jahren entdeckt, indem ich erstlich einen Fühlhebel horizotal durch die Nase bis auf die Rückenfläche

des Gaumensegels brachte, und an den Bewegungen des ersteren beim Aussprechen der Vocale den Grad der Hebung des letzteren erkannte; zweitens aber, indem ich — mit nach hinten übergebeugtem Kopfe auf dem Rücken liegend — mir die Nasenhöhle mit lauem Wasser anfüllen lies, während ich die verschiedenen Vocale continuirlich hervorbrachte — um aus der Menge des zur Durchbrechung des Nasenklappenverschlusses erforderlichen Wassers die Festigkeit und Innigkeit desselben zu bestimmen.

Durch diese ziemlich anstrengenden und nicht gerade angenehm zu nennenden Versuche fand ich, dass der Verschluss der Nasenhöhle durch die Gaumenklappe am tiefsten und lockersten für *a*, am höchsten und festesten für *u* und *i* ausfällt, und dass sich mit Rücksicht hierauf die Vocale zu der Reihe *a*, *e*, *o*, *u*, *i* ordnen.

Als ich mir überlegte, wie ich Ihnen diese Thatsachen — Allen sichtbar — hier im Saale demonstriren könnte, kam ich auf den Gedanken, die Nasenhöhle mit einem Kautschukschlauch luftdicht in Verbindung zu setzen, an dessen Ende sich eine flache metallene Trommel befindet, die mit einer dünnen elastischen Haut überspannt ist.

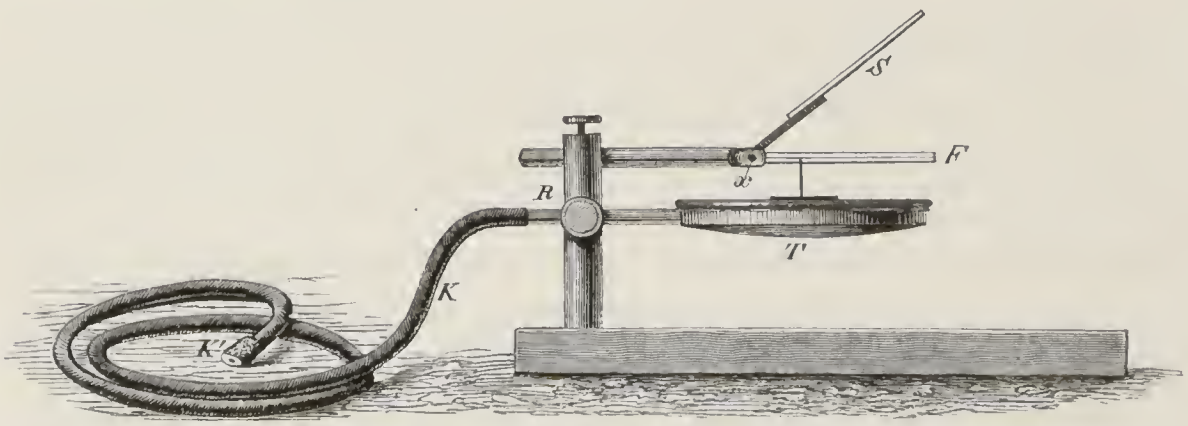



Fig. 34. Das Gaumenspiegelchen, ein Apparat zur Demonstration der Bewegungen des Gaumensegels.

*T* flache metallene Trommel, mit einer dünnen elastischen Haut überspannt, auf der ein Hebel *F* ruht, welcher ein, in beliebiger Neigung zum Horizont einstellbares leichtes Spiegelchen *S* um die Axe *x* bewegt. *K* ein dickwandiger Kautschukschlauch, dessen freies Ende einen durchbohrten Kork *K'* trägt, welcher dazu bestimmt ist luftdicht in ein Nasenloch eingepasst zu werden. Das andere Ende des Kautschukschlauches ist auf die Röhre *R* aufgeschoben, welche in den Hohlraum der flachen Metalltrommel *T* führt.

Auf dieser Haut ruht ein kleines Spiegelchen auf, welches sich hebelförmig auf- und niederbewegt so oft die elastische Haut durch den Luftdruck hervorgewölbt oder eingedrückt wird (vgl.

Fig. 34). Indem das Spiegelchen eine grelle Beleuchtung erhält, wirft es ein mondscheibenförmiges Lichtbild an die Decke des Saales, welches die Bewegungen des Gaumensegels in vergrössertem Massstab — Allen sichtbar — wiedergibt. Denn es versteht sich von selbst, dass durch die verschiedene Hebung des Gaumensegels die Luft in der abgeschlossenen Nasenhöhle verschieden zusammengepresst wird. Ich setzte daher voraus, dass die elastische Haut der flachen Metalltrommel ganz einfach für *a* am wenigsten, für *e* mehr, noch mehr für *o*, am meisten aber für *u* und *i* hervorgewölbt werden müsse.

Zu meiner Ueberraschung fand ich aber bei der vorläufigen Anstellung des Experiments, dass die Verhältnisse nicht ganz so einfach sind, als ich vorausgesetzt hatte. Dies führte mich aber zur Entdeckung neuer Thatsachen, welche ich ohne die angenehme Veranlassung, die mir — wie ich dankbar hervorheben will — der heutige Vortrag bot, gewiss nicht jetzt — wenn überhaupt — gefunden haben würde.

Ich verzichte auf die weitläufige Auseinandersetzung dieser neuen Thatsachen, und will mich darauf beschränken, Ihnen auf die angegebene Art zu demonstriren, dass in der That die Bewegungen des die Nasenhöhle verschliessenden Gaumensegels bei der Hervorbringung der einzelnen Vocale verschieden ausfallen, und zwar — wie Sie eben aus den Schwankungen des Lichtbildes an der Decke ersehen werden — beim *a* am schwächsten und kleinsten, bei *e* und *o* stärker und grösser, bei *u* und *i* am stärksten und grössten.

Erlauben Sie, dass ich nun den Saal für wenige Minuten vollständig verdunkeln lasse, damit unser Lichtbild an der Decke deutlich sichtbar werde.

Dank der Gasbeleuchtung, zu deren endlichen bleibenden Zuleitung in den Rosensaal meine Vorlesungen die Veranlassung gaben, wird die Herstellung des Helligkeitswechsels weniger zeitraubend sein als vor zwei Jahren, als ich Ihnen die Bewegungen des schlagenden Froschherzens vermittelst meines Spiegelchen-Kardioskops demonstrirte (s. Vortrag I. Seite 12 u. f.).

Wir befinden uns in hinreichender Dunkelheit, um das grosse

Spiegelbild an der Decke neben dem ersten Kronleuchter hell und deutlich zu sehen. Ich werde jetzt den Kautschukschlauch mit der Nasenhöhle in luftdichte Verbindung bringen und die Vocale in der angegebenen Reihenfolge *a*, *e*, *o*, *u*, *i* aussprechen. Beachten Sie dabei die Bewegungen des Lichtbildes.

Meine Angaben über das Verhalten des Gaumensegels beim Aussprechen der Vocale sind, wie Sie eben sehen konnten, eingetroffen. Erlauben Sie nur noch, dass ich Ihnen — bevor ich den Gashahn wieder ganz öffnen lasse — ein zweites Experiment zeige, welches Ihnen, meinen weiteren Mittheilungen allerdings vorgreifend, eine überraschende Anschauung von der fast unausgesetzten Thätigkeit und Betheiligung des Gaumensegels beim Aussprechen ganzer Sätze geben und Ihnen den Beweis liefern wird, ein wie wichtiger Theil des Sprachorgans das Gaumensegel ist. Ich befestige den Kautschukschlauch unseres Apparats wieder in der Nase und, während ich so spreche, sehen Sie, dass das Lichtbild an der Decke kaum einen Moment stille steht, sondern vielmehr fast ununterbrochen hin- und herfährt — bald rascher, bald langsamer, bald längere, bald kürzere Excursionen machend. Ebenso hebt und senkt sich das Gaumensegel, ohne dass wir im gewöhnlichen Leben beim Reden eine Ahnung davon haben!

Die Beleuchtung ist wieder hergestellt; ich nehme den Faden unserer Betrachtung wieder auf.

Wird der Verschluss der Nasenhöhle bei der Vocalbildung absichtlich oder zufällig so unvollständig, dass erhebliche Luftmengen auch durch die Nase gehen, was namentlich dann geschieht, wenn durch absichtliche Senkung des Gaumensegels der Luftabfluss in die Mundhöhle beschränkt wird, so geräth auch die Luft der Nasenhöhle in Mitschwingungen und es entsteht der eigenthümliche Nasenton, welcher die reinen in

4) die nasalirten Vocale

verwandelt.

Aus dem angeführten Grunde mischt sich der Nasenton bei Leuten, deren Gaumensegel gelähmt oder defect ist, oder gar ganz fehlt, allen Sprachlauten störend bei, obschon sie dagegen die Vocale, wegen unvollständiger und mangelnder Beschränkung

des Luftabflusses in die Mundhöhle durch absichtliche Senkung des Gaumensegels meist weniger stark nasaliren können, als andere normale Menschen.

Die nasalirten Vocale bilden den Uebergang von den reinen Vocalen zu jenen Sprachlauten, welche man

5) die Nasenlaute oder Resonanten

nennt.

Man rechnet dieselben gewöhnlich zu den Consonanten oder Mitlauten, weil sie, wie diese, nicht ohne gewisse Veränderungen in einem der drei Artikulationsgebiete des Ansatzrohrs entstehen können, sie entfernen sich aber von den Consonanten und nähern sich den nasalirten Vocalen dadurch, dass bei ihrer Erzeugung —

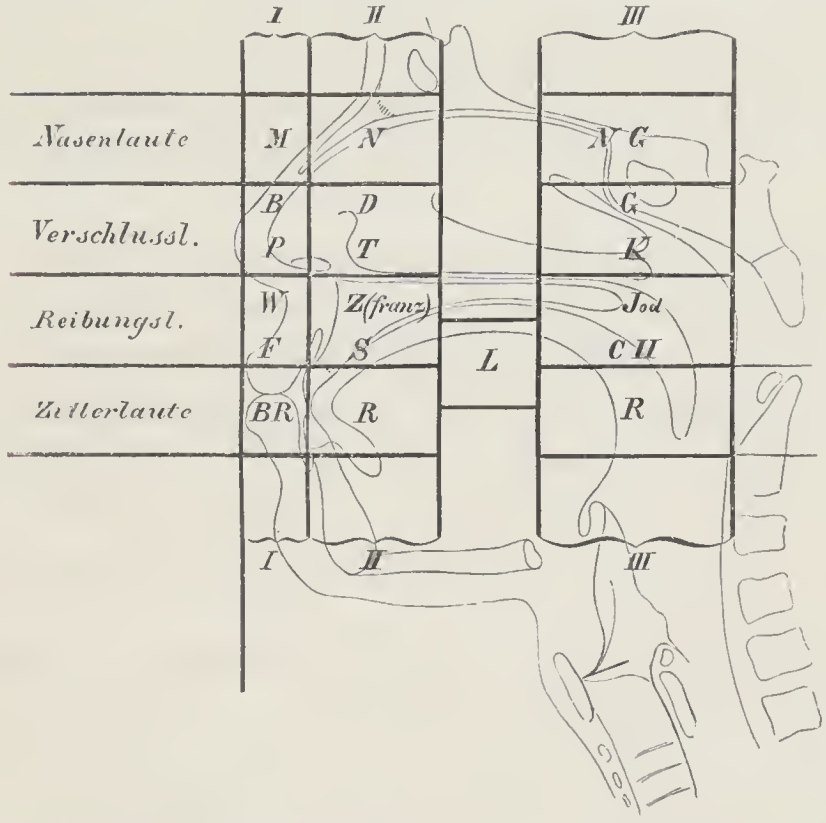



Fig. 35. Schema der drei Artikulationsgebiete (*I, II, III*), und systematische Zusammenstellung der daselbst erzeugbaren Sprachlaute.

wie bei diesen letzteren — die Nassenklappe offen, das Gaumensegel gesenkt ist — was, wie ich im Voraus ein für allemal hervorhebe — bei keinem Consonanten stattfindet.

Die drei Artikulationsgebiete des Ansatzrohrs sehen Sie hier (vgl. Fig. 35. I, II, III). Das erste umfasst die Lippen bis zum

Rande der Zahnreihe. Das zweite die Zähne, die vordere Partie des harten Gaumens und die Zungenspitze; das dritte endlich den Zungengrund, die hintere Partie des harten Gaumens mit dem Gaumensegel und den Schlund.

An jedem dieser Artikulationsgebiete kann die Mundhöhle durch gegenseitiges Aneinanderlegen der weichen beweglichen Theile oder dieser und der festen Theile luftdicht verschlossen werden. Geschieht dies, indem dabei die Nasenklappe offen bleibt und zugleich die flüsternde oder laute Stimme angegeben wird, so entstehen eben die sogenannten Nasenlaute oder Resonanten.

Bei ihnen resonirt mit der Stimme also der Nasenton und der Eigenton jenes Theiles der Mundhöhle, welcher von der Verschlussstelle bis zur Rachenhöhle übrigbleibt.

Der Resonant des ersten Artikulationsgebiets ist das *m*, der des zweiten das *n*, der des dritten endlich ist ein Laut, für den wir statt eines besonderen Buchstabenzeichens *ng* zu schreiben pflegen.

Es ist beispielsweise der Laut am Ende der Worte Klang, Sang, Gang, Drang. . . .

Die Schreibung unseres dritten Resonanten durch *n* und *g* kann insofern einigermassen entschuldigt und erklärt werden, als jene Stelle des Artikulationsgebiets, wo der Verschluss für diesen Laut bewerkstelligt wird, genau derjenigen Stelle entspricht, wo, wie wir gleich sehen werden — in der That auch das *g* — wiewol unter anderen Bedingungen — entsteht, weshalb sich dem fraglichen Resonanten sehr leicht und oft unwillkürlich ein wirkliches *g* anschliesst.

Durch ein *n* kann aber unser Laut niemals bezeichnet werden, wie Sie sich leicht überzeugen können, wenn Sie z. B. die Silbe Klan aussprechen, dann anhalten und endlich *g* folgen lassen. So ausgesprochen wird das Wort niemals zu Klang! —

Jetzt kommen wir zu den drei Lautgruppen, welche durch die drei Arten der selbständigen Geräuschbildung im Ansatzrohr charakterisirt sind.

Die erste Art der selbständigen Geräuschbildung ist die Herstellung oder Unterbrechung des Verschlusses an den drei Artikulationsgebieten. Wenn dabei die Gaumenklappe gehoben und die

Nasenhöhle abgeschlossen wird, so ist dieser Verschluss und seine Unterbrechung mit einem eigenthümlichen Geräusch verbunden, und dieses gibt die nächste Doppelreihe von Consonanten oder Mitlauten:

### 6) die Verschlusslaute.

In jedem der drei Artikulationsgebiete gibt es deren zwei, die sich von einander wesentlich nur dadurch unterscheiden, dass bei der einen Reihe, den sogenannten weichen, die laute oder geflüsterte Stimme mitklingt, gerade so wie bei den Resonanten, mit denen diese weichen Verschlusslaute somit bis auf den Nasenverschluss identisch sind. Durch das Mitlauten der Stimme entsteht bei ihnen nämlich ein besonderer, sie von den Resonanten und von den harten Verschlusslauten wesentlich unterscheidender Laut, welchen *Purkyně* sehr treffend den Blählaut genannt hat, weil das allseitig verschlossene, keinen Abfluss der Stimmluft gestattende Ansatzrohr dabei aufgebläht wird.

Bei der anderen Reihe der Verschlusslaute, den sogenannten harten, bleibt die Stimme hingegen absolut aus. Das an den einzelnen Artikulationsgebieten durch den Verschluss oder dessen Unterbrechung erzeugte explosive Geräusch lautet hier für sich selbst an und macht allein den ganzen Sprachlaut aus; verdienen diese Laute nicht mit vollem Recht den Namen der „Selbstlaute“ statt jenes gebräuchlichen der „Mitlaute“?

Man hört zum Unterschiede von den weichen Verschlusslauten, die echte „Mitlaute“ sind, nicht das Mindeste von einem sie begleitenden Blählaut. Man spreche nur *ba* und *pa* möglichst charakteristisch nacheinander aus, so wird man bei einiger Aufmerksamkeit sogleich finden, dass beim *ba* die Stimme (als Blählaut) schon früher zu hören ist, als der Lippenverschluss durchbrochen wird und der Vocal *a* anlautet, während beim *pa* erst mit dem explosiven *a* der Stimmton einsetzt. Vergleicht man ein richtig ausgesprochenes *ab* und *ap*, so findet man, dass beim *ap* der Stimmton mit der Herstellung des Lippenverschlusses plötzlich und vollständig verstummt, während beim *ab* der

Stimmton (als Blählaut) auch nach der Herstellung des Lippenverschlusses noch gehört wird.

Neben dem erörterten einzig wesentlichen Unterschiede der beiden Reihen von Verschlusslauten kommen allerdings auch noch untergeordnete Verschiedenheiten zwischen ihnen in Bezug auf die Plötzlichkeit und Energie oder Härte des Verschlusses und dessen Unterbrechung vor — daher die Eintheilung in harte und weiche. Viel bezeichnender ist es aber die ersteren tonlose, die letzteren tönende Verschlusslaute zu nennen, weil man damit eben das Wesentliche des Unterschiedes in den Namen fasst.

Die Verschlusslaute für das erste Artikulationsgebiet sind *b* und *p*, für das zweite *d* und *t*, und für das dritte *g* und *k* (vgl. Fig. 35).

Es ist eine auffallende Erscheinung, die ich hier nicht umgehen will, dass gewisse deutsche Stämme, z. B. die Sachsen und Thüringer, diesen doch so auffallenden Unterschied des Mitlautens und nicht Mitlautens der tönenden oder geflüsterten Stimme, wie es scheint, weder aufzufassen noch am richtigen Orte zu erzeugen im Stande sind.

Mein für die Wissenschaft zu früh verstorbener Freund *Schleicher* pflegte in seiner drastisch scherzhaften Weise diesen Mangel für partielle Taubstummheit zu erklären. —

Wenn der Verschluss an den Artikulationsgebieten kein vollständiger ist, sondern wenn statt dessen nur eine Verengerung dieser Stellen des Ansatzrohres zu Stande kommt, in welcher sich die Luft reiben muss — und das ist der zweite Modus der selbständigen Geräuschbildung im Ansatzrohr — so entstehen

### 7) die Reibungslaute.

Es sind dies Geräusche, welche in den localen Verengerungen des Ansatzrohres in ganz ähnlicher Weise erzeugt werden, wie das Geräusch der Flüsterstimme oder des *h* in der verengten Stimmritze.

Die Reibungslaute zerfallen genau so wie die Verschlusslaute in weiche oder tönende, bei denen das Stimmritzengeräusch oder der laute Stimmton mitlautet — und in harte oder tonlose, bei denen der Kehlkopf absolut still ist.

Im ersten Artikulationsgebiet haben wir *w* als tönenden, *f* als tonlosen Reibungslaut. Ersteres geht in letzteres über, wenn die laute oder flüsternde Stimme absolut unterdrückt wird. Beiläufig muss ich hier die unrichtige Behauptung zurückweisen, dass man beim Sprechen mit Flüsterstimmen *w* von *f* nicht soll unterscheiden können.

Im zweiten Artikulationsgebiet haben wir *z* (franz.) oder das tönende *s* (in „Rose") und das scharfe oder tonlose *s* (in Ross).

Wird das *s* sehr weit vorn, sozusagen an der Grenze des ersten und zweiten Artikulationsgebiets gebildet — indem sich die Zungenspitze bis zwischen die Ränder der Schneidezähne schiebt, dann entsteht das *th* der Engländer und Neugriechen, welches ebenfalls tonlos und tönend sein kann. Im dritten Artikulationsgebiet haben wir endlich *j* und die *ch*-Laute (vgl. Fig. 35).

Der dritte Modus der selbständigen Geräuschbildung im Ansatzrohr besteht darin, dass leicht bewegliche Weichtheile dem Luftstrom entgegengestellt werden, so dass sie in lebhafte Erzitterungen oder Schwingungen gerathen; auf diese Weise entstehen:

### 8) die *R*- oder Zitterlaute.

Bei diesen Lauten macht es keinen auffallenden Unterschied, ob die Stimme mittönt oder nicht, so dass man, nicht wie bei den Verschluss- und Reibungslauten, harte und weiche zu unterscheiden pflegt.

Der Zitterlaut des ersten Artikulationsgebietes wird in den Cultursprachen nicht gebraucht und hat daher auch kein Buchstabenzeichen. Er soll in den Sprachen einiger wilden Völkerschaften vorkommen, welche auch Schnalzlaute und Aehnliches als Sprachelemente verwenden. Es ist das sogenannte Lippen-*R*, jener bekannte Laut, den die Rosselenker hervorzubringen pflegen, wenn sie die Pferde anhalten wollen. Im Schema Fig. 35 habe ich den Laut mit *BR* bezeichnet.

Der Zitterlaut des zweiten Artikulationsgebietes ist jenes *R*, welches durch Erzitterungen der Zungenspitze entsteht, während der dritte Zitterlaut jenes *R* ist, bei dem das weiche Gaumensegel

und ganz besonders dessen Zäpfchen durch den Luftstrom in kräftige Schwingungen versetzt wird, wobei es in rascher Folge wider den Zungengrund schlägt.

Noch habe ich

### 9) die *L*-Laute

kurz zu besprechen, welche eine mittlere Stellung zwischen den Reibungs- und Zitterlauten einnehmen, sich aber dadurch wesentlich vor allen anderen Sprachlauten auszeichnen, dass sie die einzigen sind, welche asymmetrisch an dem Seitenrande der Zungenmitte erzeugt werden.

In unserem Schema (Fig. 35), welches auf einem medianen Kopfdurchschnitt basirt, haben sie streng genommen keinen Platz, wir setzen ihr Buchstabenzeichen im Schema deshalb noch am passendsten in den Raum, der in verticaler Richtung zwischen den Kategorien der Reibungs- und Zitterlaute, in horizontaler Ausdehnung aber mitten zwischen dem ersten und zweiten Artikulationsgebiet übrig bleibt. —

Der Vollständigkeit wegen erwähne ich zum Schluss noch

### 10) die zusammengesetzten Consonanten.

Dieselben entstehen entweder durch gleichzeitige oder sehr rasch aufeinanderfolgende Einstellung der Sprachtheile für zwei verschiedene Consonanten. Als Beispiel der letzten Art diene das $x = ks$, das *c* oder das deutsche $z = ts$, wo im Moment der Explosion für die Verschlusslaute *k* und *t*, die Enge für den Reibungslaut *s* hergestellt wird. Als Beispiel der ersten Art führe ich das *sch* an, welches nach *Brücke* entsteht, wenn gleichzeitig die „Enge“ für *s* und für *ch* gebildet wird. Tönt noch die Stimme mit, so verwandelt sich das *sch* in das slavische ž oder französische *j*.

Zur besseren Uebersicht und zur Erleichterung eines erwünschten Rückblicks möge die folgende Tabelle dienen.

## Tabelle der Sprachlaute.

| Lautgruppe. | | Verhalten der Stimmritze: laute Stimme od. Reibungsgeräusch (Flüsterstimme, *h*, spir. asper) | Verhalten der Stimmritze: stumm | Verhalten der Nasenklappe. |
|---|---|---|---|---|
| 1. Vocale (Diphthongen) | reine | *a*, *e*, *i*, *o*, *u* . . etc. | — | gehoben und geschlossen. |
| | nasalirte | *ã*, *ẽ*, *õ* . . . . . etc. | — | offen und gesenkt |
| 2. Nasenlaute oder Resonanten | | *m* — *n* — $\widehat{ng}$ | — | offen und gesenkt |
| 3. Verschlusslaute | | *b* — *d* — *g* *th* (engl.) | *p*—*t*—*k* *th* (engl.) | gehoben und geschlossen |
| 4. Reibungslaute | | *w* — *z* (franz.) — *j* | *f*—*s*—*ch* | do. |
| 5. *L*-Laute | | — *l* — | | do. |
| 6. *R*- oder Zitterlaute | | $\widehat{br}$ — (Zungen-) *r* — (Gaumen-) *r* | | do. |

Ich bin zu Ende, und glaube, so weit die beschränkte Zeit es gestattete, Ihnen einen im Ganzen befriedigenden und ziemlich vollständigen Einblick in die Physiologie und Systematik der Sprachlaute eröffnet zu haben.

Zwar gibt es in einigen orientalischen Cultursprachen, wie im Arabischen und im Hebräischen, noch ganz eigenthümliche Laute, welche ich nicht berücksichtigte; aber ich glaubte Ihre freundliche Aufmerksamkeit bereits auf eine so harte Probe gestellt zu haben, dass ich es nicht wagen wollte, meinen Vortrag noch weiter auszuspinnen.

Ueberdies dürfte das Mitgetheilte wohl genügen, in Ihnen die Ueberzeugung zu befestigen, dass Gesang und Sprache — obschon beide den geistigen Verkehr der Menschen untereinander vermitteln, indem sie zum verständlichen Ausdruck der tiefsten und erhabensten Gefühle und Gedanken dienen — aus Elementen sich zusammensetzen, welche objectiv betrachtet thatsächlich nichts anderes sind, als akustische Phänomene, welche sich vom Munde des Sängers und Redners durch den Luftraum in das Ohr des

Hörers mechanisch fortpflanzen — ohne dass ihnen irgend etwas von Geist inne wohnte.

Was zwischen Mund und Ohr — zwar unsichtbar, aber nicht unerkennbar — den Raum erfüllt — das ist eine sinnlose rein mechanische Schallwellenbrandung!

Erst im Gehirn des verständnissfähigen Hörers findet die Transsubstantiation des ausschliesslich materiellen Bewegungsvorgangs der Stimm- und Sprachlaute in den psychischen Zustand der Empfindung, des Gefühls und des Gedankens statt.

Gedanke und Gefühl wird — ausgesprochen — factisch zu bewegter Materie — und diese verklärt sich im Bewusstsein des Hörers erst wieder zu Gefühl und Gedanke.

Der Weg von Bewusstsein zu Bewusstsein führt eben — so wenig anmuthend dies für den idealen Sinn schöner Seelen immerhin sein mag — ohne Gnade mitten durch die so verachtete grobe Materie! —

Indem ich schliesse, kann ich nicht umhin — mit Rücksicht auf meinen zu Ostern bevorstehenden Abgang nach Leipzig — Ihnen, meine hochgeehrten Anwesenden, ein herzliches Lebewohl zu sagen — doch drängt es mich hinzuzufügen: hoffentlich nicht für immer, denn Sie sollen mich auch in Zukunft gern bereit finden, dann und wann eine „Rosenvorlesung“ zu halten!

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Xylographie und Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

## Verlag von **Karl Czermak** in Wien.

---

**Brühl**, Prof. Dr. Karl Bernh., **Laqueus Owenii** und **Laqueus tympanicus Petrosi**, ein Nachtrag zu meiner Schrift: Das Skelet der Krokodilinen; nebst einem Anhang: 1) Der Laqueus Owenii der Reptilien und Vögel und sein Verhältniss zu deren Cochlea ossea; 2) Bemerkungen über den Krokodil-Carpus. Mit 3 Tafeln (wovon 2 lith. und 1 in Kupferstich in gr. 4. und Fol.) gr. 4. (III u. 21 Seiten.) 1865.
Preis: 2 fl. ö. W. = 1 Thlr. 10 Sgr.

— — **Erste unentgeltliche Sonntags-Vorlesung** im Jahre 1868, gehalten im k. k. zootom. Institute der Wiener Universität am 19. Jänner. (Universität und Volksbildung; Priesterthum und Naturwissenschaft). 8. (29 Seiten.) 1868. Preis: 30 kr. ö. W. = 6 Sgr.

**Czermak**, Med. et Chir. Dr. J. N., (d. Z. Prof. in Leipzig), **Mittheilungen aus dem physiologischen Privatlaboratorium** (in Prag). 1. Heft. (Mit einer Vignette und 9 in den Text gedr. Holzschnitten). 8. (IV u. 72 Seiten.) 1864.
Preis: 1 fl. ö. W. = 20 Sgr.

— — Dr. Josef, Director und Primararzt der mähr. Landes-Irrenanstalt, **Die mährische Landes-Irrenansalt bei Brünn**; ihre bauliche Einrichtung, Administration, ärztliche Gebahrung und Statistik. Mit zahlreichen Tabellen und Formularien, einem Holzschnitte und 5 Tafeln in Steindruck. gr. 4. (176 Seiten.)
Preis: 5 fl. ö. W. = 3 Thlr. 10 Sgr.

**Kletzinsky**, Prof. V., k. k. Landesgerichts-Chemiker etc., **Mittheilungen aus dem Gebiete der reinen und angewandten Chemie.** Für Fachchemiker, Aerzte, Oekonomen, Techniker und Industrielle. Als Jahresbericht des Laboratoriums für 1864—65. Mit 6 Tafeln in Farbendruck. 4. (57 Seiten.) 1865. Herabges. Preis: 1 fl. 50 kr. = 1 Thlr.

**Leidesdorf**, Prof. Dr. Max, **Erläuterungen zur Irrenhausfrage Nieder-Oesterreichs.** In Hinblick auf die hierüber bevorstehenden Verhandlungen des Landtages. Lex.-8. (30 Seiten.) 1868.
Preis: 40 kr. ö. W. = 8 Sgr.

Politzer, Dr. Adam, Dozent der Ohrenheilkunde an der Wiener Universität, **Ueber die Wahl der Adstringentien bei eitrigen Ohrenkatarrhen.** (Separatabdruck aus der „Wiener medic. Presse" Jahrgang 1866.) 8. (18 Seiten.) Preis: 15 kr. ö. W. = 3 Sgr.

Rosenthal, Dr. Moriz, Docent an der Wiener Universität, und Dr. S. **Friedmann, Die Hydrotheraphie mit besonderer Rücksicht auf Nervenkrankheiten**, nach Erfahrungen in der Wasser-Heilanstalt Vöslau-Gainfarn bei Wien, dargestellt. 8. (30 Seitn.) 1866. Preis: 30 kr. ö W. = 6 Sgr.

— — **Beitrag zur Kenntniss und Heilung des Stotterübels.** (Separatabdruck aus der „Wiener medic. Wochenschrift" vom J. 1861.) 8. (19 Seiten.) Preis: 20 kr. ö. W. = 4 Sgr.

Rupprecht, San.-Rath Dr. B., zu Hettstädt, **Ein Rundblick auf die Trichinen-Literatur.** (Separatabdruck aus der „Medic.-chirurg. Rundschau" 1866.) 8. (57 Seiten.) Preis: 50 kr. ö. W. = 10 Sgr.

Scholz, Dr. Wilh., **Amputation und Resection bei Gelenksverletzungen**, ihre Anzeigen, ihre technische Ausführung und ihr Werth vergleichungsweise. Gekrönte Preisschrift. Bevorwortet von Prof. v. Pitha. Mit 7 Figuren in Holzschnitt. 8. (IV u. 223 Seiten.) 1866. Preis: 2 fl. 60 kr. ö. W. = 1 Thlr. 22 Sgr.

Schuber, Dr. H., Badearzt zu Hall in Ober-Oesterreich, **Diätetik der Kinder im gesunden und kranken Zustande**, für zärtliche Mütter populär dargestellt. 8. (VIII und 159 Seiten.) 1866.
Herabges. Preis: 1 fl. 20 kr. ö. W. = 24 Sgr.